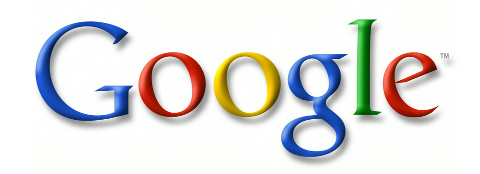
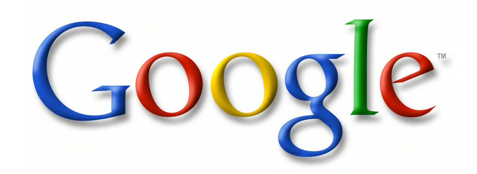
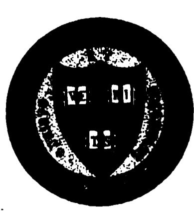




Harvard Medical School



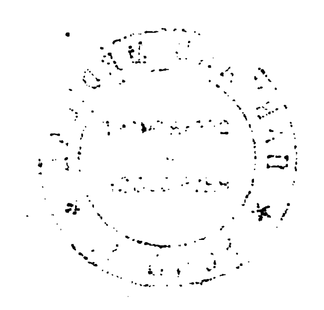
Bowditch Library

The Gift of

Dr. Charles Harrington









ZEITSCHRIFT

FÜR

BIOLOGIE

VON

L. BUHL, M. v. PETTENKOFER, C. VOIT,
PROFESSOREN AN DER UNIVERSITÄT MÜNCHEN.

FÜNFZEHNTER BAND.

MÜNCHEN, 1879.
DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG.

Inhalt.

Seite

Theorie des natürlichen Luftwechsels.

Von

G. Recknagel.

(Aus den Sitzungsberichten der k. b. Akad. d. Wissensch. 6. Juli 1878.)

Erste Abhandlung.

Seit v. Pettenkofer[1]) durch die überzeugende Kraft unzweideutiger Versuche festgestellt hat, dass die Steinwände, welche die von uns bewohnten Räume einschliessen, nicht nur nicht luftdicht schliessen, sondern ansehnliche Mengen von Luft durchlassen können, ist es Aufgabe der Physik geworden, die Bedingungen zu erforschen, unter denen in bestimmter Zeit bestimmte Mengen von Luft in einen Raum eintreten oder denselben verlassen, um gleich grossen Mengen neuer Luft Platz zu machen.

Obwohl diese Forschung in erster Linie auf den Versuch angewiesen scheint, so beweist doch eine Uebersicht über die bisher durch Versuche gewonnenen Resultate, wie sie uns Herr C. Lang[2]) giebt, dass auf dem bisherigen Wege, wo man sich darauf beschränkt, die Gesammtmengen von Luft zu ermitteln, welche während einer gemessenen Zeit in einem Raume wechseln, noch nicht sichere Grundlagen für Vorausberechnung desjenigen Effectes gewonnen werden können, welcher bei bestimmter Temperaturdifferenz, sowie bei bestimmter Stärke und Richtung des Windes zu erwarten ist. Eine solche Vorausberechnung muss aber als Ziel der Forschung ins Auge gefasst werden, zunächst für jeden ventilatorisch untersuchten Raum, sodann unter Anlehnung an gewisse, sorgfältig untersuchte Typen, sogar für beliebige Räume. Zur Anbahnung dieses Zieles sollen folgende theoretische Untersuchungen dienen, welchen an geeigneter Stelle der beweisende Versuch zur Seite stehen wird.

I. Allgemeine Principien.

1. Entwicklung von Luftströmen in weiten Canälen.

Im Allgemeinen ist zu betonen, dass — abgesehen von den Wirkungen der Diffusion, die im Folgenden nicht berücksichtigt werden, übrigens nur eine scheinbare Ausnahme bilden — ohne eine zu beiden Seiten einer Wand bestehende Druckdifferenz — Luft durch dieselbe nicht hindurchgeht, eben so wenig als sich aus ruhender Luft heraus ein Luftstrom in eine Röhre, einen Kamin, ein Schürloch entwickelt, ohne dass diese ruhende Luft eine höhere Spannkraft besitzt als die Luft jenseits der Oeffnung. Wenn diese Druckdifferenzen vielfach unbeachtet geblieben sind, so trägt daran die Unempfindlichkeit der Messinstrumente Schuld, welche man zum Nachweis oder zur Messung solcher Differenzen verwenden wollte. Führt man durch das Zugloch eines Ofenthürchens ein gebogenes Glasrohr so ein, dass seine freie Mündung in dem windstillen Raume liegt, der sich hinter dem Thürchen befindet, so zeigt ein gewöhnliches offenes Wassermanometer, dessen einer Schenkel durch einen Kautschukschlauch mit dem Glasrohr verbunden ist, erst dann 1^{mm} Niveaudifferenz, wenn die Luft mit ca. 4^{m} Geschwindigkeit durch das Zugloch einströmt. Die beobachtete Druckdifferenz von 1^{mm} oder, was dasselbe ist, von 1^{kg} pro Quadratmeter ist die nächste Ursache des Luftzuges von 4^{m} Geschwindigkeit, und man hat sich demgemäss den Zug der Kamine vorzustellen, wie das Ausströmen von Luft aus einem (unendlich grossen) Gefässe, wo sie unter höherem Drucke steht, in einen ebenfalls unendlich grossen Raum, wo der Luftdruck geringer ist; das Zugloch bildet die Grenze dieser beiden Räume.

Die maassgebende Spannungsdifferenz wird hervorgebracht durch die Gewichtsdifferenz zweier Luftsäulen, der wärmeren im Kamin und einer kälteren, deren Höhe ebenfalls vom Zugloch aus bis zur oberen Mündung des Kamins zu rechnen ist, wenn zwischen diesen beiden Stellen auch aussen freie Communication stattfindet, wie z. B. bei den meisten Fabrikschlöten.

Indem nämlich die untersten Schichten der weniger dichten Säule, gleichviel ob sie selbst warm oder kalt sind, von oben her weniger stark gedrückt werden als die untersten Schichten der dichteren Säule, üben jene auch ihrerseits nach oben einen geringeren Gegendruck aus als diese. Und was von dem nach oben gerichteten Drucke gilt, gilt von der Spannkraft der Schicht überhaupt, da in Gasen und Flüssigkeiten Einseitigkeit in der Reaction einer Schicht ausgeschlossen ist.

Die Gewichtsdifferenz von Luftsäulen gleicher Höhe, aber verschiedener Dichtigkeit ist demnach stets die entferntere Ursache der Luftströmung. Die Gewichtsdifferenz erzeugt eine Spannungsdifferenz und die Spannungsdifferenz wird zur Ursache der Luftströmung.

Wie aus dem oben angeführten Beispiel hervorgeht, sind die Druckdifferenzen, durch welche starke Luftströmungen erzeugt werden, nur klein. Zur Messung derselben bediene ich mich eines Differentialmanometers, dessen äusserer Schenkel eng (etwa 2 bis 3^{mm} weit) und stark geneigt ist, während der andere Schenkel einen Cylinder von 100^{mm} Weite darstellt, und benütze Petroleum statt des Wassers[3]). Mit Hilfe dieses Manometers, dessen äusserem Schenkel man zu diesem Zwecke am besten eine Neigung von 3 bis 5% giebt, lassen sich die Druckdifferenzen, welche zur Ursache von Luftströmungen werden, genau genug messen, um die oben entwickelten Sätze auch durch den Versuch zu beweisen.

Als Versuchsobject dient mir ein 20^{cm} weites und etwa 2^{m} hohes Rohr von Eisenblech, welches unten mit einem abnehmbaren Kniestutzen versehen ist, so dass der unterste Theil des Apparates durch ein horizontales Rohrstück von 40^{cm} Länge gebildet wird. Etwas oberhalb der Stelle, wo das Kniestück mit dem Rohr zusammengesteckt wird, enthält jenes eine Anzahl (4) Gasbrenner, welche von aussen durch Schläuche mit der Gasleitung in Verbindung gesetzt werden können und den Heizapparat bilden. Der ganze Apparat wird, an einem Holzgestell befestigt, auf den Tisch gestellt. Das Manometer steht an einem erschütterungsfreien Ort.

Wird nun das Rohr geheizt, so entwickelt sich ein Luftstrom in den horizontalen Theil desselben, dessen grösste Geschwindig-

keit leicht anemometrisch bestimmt werden kann. Führt man von aussen durch ein seitliches Loch von etwa 1^{cm} Durchmesser eine Glasröhre ein, deren vorderer Theil ausgezogen und an der äussersten Spitze rechtwinklig umgebogen ist, so dass sich das offene Ende vom Luftstrome abwendet, so giebt das Manometer, dessen inneres Niveau mit dieser Glasröhre durch einen Schlauch verbunden ist, einen Ausschlag, welcher mit der beobachteten grössten Geschwindigkeit des Luftstromes in derselben gesetzmässigen Beziehung steht, welche zwischen einer Druckdifferenz (p Kilogramm pro Quadratmeter oder p Millimeter Wasserhöhe) und der durch sie erzeugten grössten Ausströmungsgeschwindigkeit (v) der Luft stattfindet. Die genannte gesetzmässige Beziehung ist für die hier in Betracht kommenden Druckdifferenzen genau genug durch die Gleichung

$$p = \frac{1}{2} m v^2$$

gegeben, worin m die Masse eines Cubikmeters der einströmenden Luft bezeichnet.

Der beschriebene manometrische Versuch giebt durchaus das gleiche Resultat, an welcher Stelle des Querschnitts man ihn anstellen mag, ob in der Mitte, wo die Strömung am stärksten ist, oder näher an der Wand, oder hinter einer Platte, welche einen Theil der Einströmungsöffnung verdeckt, und das Differentialmanometer kann somit als Anemometer verwendet werden. Nur in unmittelbarer Nähe der Wand giebt es Stellen, wo ein schwacher Gegenstrom aus dem Innern heraus stattfindet und indem er in die Glasröhre bläst, die zu messende Druckdifferenz schwächt.

Der Versuch giebt stets die wirkliche während der Strömung active und neue Luftmassen von aussen nach innen in Bewegung setzende Druckdifferenz und ist demnach, wenn Widerstände in der Rohrleitung zu überwinden sind, stets kleiner als diejenige Druckdifferenz, welche sich aus der Gewichtsdifferenz der warmen und kalten Säule berechnet. Die beobachtete Druckdifferenz nähert sich der aus der Gewichtsdifferenz der Luftsäulen berechneten um so mehr, je geringer die vom Luftstrome zu überwindenden Widerstände sind.

2. Messung statischer Ueberdrücke.

Will man die aus der Gewichtsdifferenz berechnete Druckdifferenz vollständig nachweisen, so ist der Versuch statisch anzustellen. Man erwärmt zu diesem Zweck die Luft in einer verticalen Röhre, deren Durchmesser einige Centimeter betragen kann, am besten dadurch, dass man die Röhre mit einem Dampfmantel umgiebt.

a) Ist die Röhre oben offen — die Oeffnung selbst darf nicht so gross sein, dass sich in ihr Gegenströme der Luft ausbilden können —, während sie unten durch einen Schlauch mit dem Manometer communicirt, so erhält man an diesem das Resultat (p) der Rechnung, welches sich aus der Formel

$$p = H \cdot 1{,}293 \frac{B}{760}\left(\frac{1}{1+at} - \frac{1}{1+aT}\right)$$

ergiebt, worin H die Höhe der Röhre, B den Barometerstand, T die Temperatur der in der Röhre enthaltenen Luft und t die Temperatur der Umgebung bezeichnet. Den Ueberdruck p giebt die Rechnung in Kilogrammen pro Quadratmeter, der Versuch in eben so viel Millimetern Wasserhöhe, was sich deckt, weil das Wasser, welches 1^{mm} über dem Quadratmeter steht, 1^{kg} wiegt. Der Ausdehnungscoëfficient α wird, da die Luft stets feucht sein wird, besser gleich 0,0037 genommen. Statt des eingeklammerten Ausdrucks kann mit hinreichender Annäherung

$$\frac{T-t}{270+(T+t)},$$

also

$$p = h \cdot 1{,}293 \frac{B}{760} \cdot \frac{T-t}{270+T+t}$$

gesetzt werden[1]).

Ist die Temperatur (T) des Dampfes 100°, die der umgebenden Luft 20°, so beträgt bei Anwendung einer 2^m hohen Röhre die Druckdifferenz zwischen der kalten und warmen Luftsäule $0{,}53^{kg}$ pro Quadratmeter, was sich bei dem oben genannten Manometer, dem man eine Steigung von 3% giebt, durch einen Ausschlag von ca. 22^{mm} verräth.

b) Ein zweiter statischer Versuch, welchen man an den ersten leicht anschliessen kann, besteht darin, dass man die im ersten Versuch offene obere Mündung der Versuchsröhre mit dem Manometer in Verbindung setzt und dann die untere Mündung öffnet, damit sich jetzt an dieser Stelle die innere Luft mit der äusseren ins Gleichgewicht setze. Das Manometer zeigt in diesem Falle einen Ueberdruck der an dem oberen Rohrende befindlichen inneren Luft über die mit ihr in gleichem Niveau liegende äussere Luft an, der eben so gross ist als die vorher im Niveau der unteren Mündung beobachtete Depression.

Die Nothwendigkeit dieses Ueberdrucks lässt sich leicht beweisen, wenn man bedenkt, dass sich über den im Gleichgewicht befindlichen untersten Luftschichten einerseits eine wärmere, also leichtere Luftsäule erhebt als auf der anderen Seite, dass somit der Druck und hiermit die Spannkraft auf der wärmeren Seite um weniger abnimmt als auf der kälteren. Oder in Zeichen:

Sei P die gleiche Spannkraft zweier Luftschichten, die sich über zwei in demselben Niveau liegenden Flächeneinheiten (Quadratmeter) befinden. Erhebt man sich, vertical aufsteigend, aus diesem Niveau in ein anderes, so vermindert sich über jeder der beiden Flächeneinheiten die Spannkraft der Luft gerade um das in Kilogrammen ausgedrückte Gewicht der senkrechten Luftsäule, die man zurückgelegt hat. Beträgt nun das Gewicht der wärmeren Säule w Kilogramm, das der kälteren k Kilogramm, so ist die Spannkraft der am oberen Ende der warmen Säule befindlichen Luftschicht

$$P - w \text{ Kilogramm}$$

und die Spannkraft der am oberen Ende der kälteren Säule

$$P - k \text{ Kilogramm.}$$

Da nun w kleiner ist als k, so ist $P - w$ grösser als $P - k$. Das oben eingesetzte Manometer giebt die Differenz $(P - w) - (P - k)$ oder $k - w$.

c) Es ist nicht überflüssig, noch einen dritten Versuch anzustellen, bei welchem man die mit dem Dampfmantel umgebene Versuchsröhre während der Erwärmung unten und oben verschlossen hält, während die warme Luft an einer zwischenliegenden Stelle mit der äusseren Luft in Verbindung steht. Setzt man dann das

Manometer unten an, so erhält man nur einen Theil (p_0) der früher beobachteten Depression, und setzt man nach Verschluss der unteren Mündung den Manometerschlauch an die obere, so tritt nun der andere Theil (p_2) der Differenz $k - w$ als Ueberdruck auf. Hat man unter den bei dem ersten Versuch angenommenen Umständen in einer Höhe von 68^{cm} die innere Luft mit der äusseren ins Gleichgewicht gesetzt und verbindet das innere Niveau des Manometers mit dem unteren Ende der Versuchsröhre, so tritt das äussere Niveau um 7,5^{mm} zurück. Wird überdies ein Schlauch vom äusseren Niveau des Manometers nach dem oberen Ende der Röhre geführt, so drückt der an diesem Ende vorhandene Ueberdruck das äussere Niveau des Manometers um weitere 14,5^{mm} zurück. und man hat somit, da die Reductionszahl auf verticale Millimeter Wasser 0,024 ist:

$$p_0 = 0{,}18^{kg}$$
$$p_2 = 0{,}35^{kg}.$$

Daraus wird zugleich klar, dass die beobachteten Spannungsdifferenzen p_0 und p_2 sich verhalten wie die Abstände der beiden Stellen, wo sie auftreten, von dem Niveau des Gleichgewichts; denn $\frac{0{,}18}{0{,}35}$ ist nahe genug gleich $\frac{68}{132}$.

3. Im Anschluss an die vorausgehenden Versuche wird leicht verständlich, dass zwei angrenzende Luftsäulen von verschiedener Temperatur nur in *einem* Niveau im Gleichgewicht sein können. Oberhalb dieses Niveaus besitzt die warme Luft Ueberdruck über die kalte, unterhalb die kalte über die warme.

II. Ueber den Luftwechsel, welcher in einem von freier Luft umgebenen Zimmer durch Temperaturunterschiede veranlasst wird.

1. Voraussetzungen.

Von dem Gegenstande der Untersuchung soll Folgendes vorausgesetzt werden:

a) Er ist bei vollkommener Windstille durch poröse Wände von der ihn rings umgebenden freien Luft vollkommen abgeschlossen, nirgends führt ein Canal nach aussen, welcher der Grösse seines Querschnittes wegen nicht mehr als capillare Röhre gelten kann.

b) Es findet durch die Poren seines Umschlusses hindurch ein stetiger Luftwechsel, bestehend in Eintritt und gleichzeitigem Austritt gleich grosser Mengen atmosphärischer Luft, statt[5]).

c) Zur Fixirung der Vorstellung wird die Annahme beigefügt, dass die im Innern des betrachteten Raumes befindliche Luft überall eine höhere Temperatnr habe als die äussere.

Die folgende Betrachtungsweise ist indessen auch auf den entgegengesetzten Fall anwendbar, wo die Temperatur der inneren Luft tiefer ist als die der äusseren.

Bei Erfüllung dieser Voraussetzungen sollen die Bedingungen des Problems im Folgenden kurz als „normale Umstände" bezeichnet werden.

2. Nothwendigkeit einer neutralen Zone.

Durch die erste Voraussetzung — des stetigen Luftwechsels — ist die Annahme ausgeschlossen, dass die innere Luft überall höheren oder überall geringeren Druck ausübe als die äussere, weil in beiden Fällen die Strömung durch die Poren nur einseitig, entweder von innen nach aussen oder von aussen nach innen stattfände. Vielmehr muss angenommen werden, dass in gewisser Höhe der innere Druck dem äusseren, in anderer Höhe der äussere dem inneren überlegen ist.

Da die Spannungen nur durch Gewichte von Luftschichten und demnach stetig wachsen, so muss auch der Ueberdruck als Differenz solcher Spannungen, in irgend einer Höhe zwischen zwei Stellen, wo er verschiedene Vorzeichen hat, einmal Null und somit die innere mit der äusseren Luft im Gleichgewicht sein.

Diese Stelle des Gleichgewichts kann weder am Boden liegen, noch an der Decke; denn läge sie am Boden und wäre also die an demselben anliegende Luft gegen die äussere Luft im Gleichgewicht, so würde der Boden Luft weder herein- noch hinauslassen, in jeder anderen Höhe aber wäre (nach I. 2. b) der innere Druck dem äusseren überlegen, und folglich würde im Ganzen bloss Ausströmen der Luft stattfinden, was gegen die Voraussetzung ist. Eben so wenig kann die Stelle des Gleichgewichts an der Decke liegen, weil dann die Luft nur einströmen würde. Es bleibt

also nichts übrig als die Annahme, dass das Gleichgewichtsniveau sich innerhalb der verticalen Begrenzung des Raumes befindet.

Von diesem Niveau aus wächst nach der Decke zu der Ueberdruck der inneren (warmen) Luft über die äussere (kalte), nach dem Boden zu der Ueberdruck der äusseren Luft über die innere.

Demnach findet unterhalb des genannten Niveaus Einströmen, oberhalb desselben Ausströmen der Luft statt.

3. Berechnung des Ueberdrucks.

a) Die Grösse des Ueberdrucks (in Kilogrammen pro Quadratmeter oder in Millimetern Wasserhöhe) an einer Stelle, welche um h^m von dem Niveau des Gleichgewichts absteht, wird erhalten, wenn man die Gewichte zweier Luftsäulen von der Höhe h vergleicht, welche 1^{qm} zur Basis und im Uebrigen die Beschaffenheit derjenigen inneren und äusseren Luft haben, welche zwischen dem Niveau des Gleichgewichts und der betrachteten Stelle liegt. Die Differenz dieser Gewichte ist der fragliche Ueberdruck.

Der Beweis dieses Satzes folgt schon aus dem Vorausgehenden (I. 2. a) und wird beim Beweise des folgenden Satzes wiederholt werden.

b) Die absolute (ohne Rücksicht auf das Vorzeichen gebildete) Summe der Spannungsdifferenzen p_2 und p_0, welche zu beiden Seiten der Gleichgewichtsstelle in der Entfernung H von einander auftreten, ist gleich dem Gewichtsunterschied zwischen zwei über der Flächeneinheit aufgebauten Luftsäulen von der Höhe H, welche einerseits mit der Luft des Raumes, andererseits mit der Luft seiner Umgebung gleiche Dichtigkeit haben.

Beweis. Ist B das Gewicht einer Luftsäule, welche über der Flächeneinheit aufgebaut ist und vom Niveau des Gleichgewichts bis zum Ende der Atmosphäre reicht, q_2 das Gewicht der Luftsäule von der Basis 1, welche inwendig vom Niveau des Gleichgewichts bis zur oberen Grenze des betrachteten Raumes von der Höhe H reicht, q_0 das Gewicht der Luftsäule von der Basis 1, welche inwendig vom Niveau des Gleichgewichts bis zur unteren Grenze des betrachteten Raumes reicht, während q'_2 und q'_0 die

analogen Bedeutungen für die umgebende äussere Luft haben, so ist

$$B - q_2$$

die Druckintensität oder Spannung der inneren Luft an der oberen Grenze,

$$B - q'_2$$

die Spannung der äusseren Luft an der oberen Grenze;

$$B + q_0$$

die Spannung der inneren Luft an der unteren Grenze,

$$B + q'_0$$

die Spannung der äusseren Luft an der unteren Grenze.

Somit ist der Ueberdruck der inneren Luft über die äussere an der oberen Grenze

$$p_2 = (B - q_2) - (B - q'_2) = q'_2 - q_2$$

und der Ueberdruck der äusseren Luft über die innere an der unteren Grenze

$$p_0 = (B + q'_0) - (B + q_0) = q'_0 - q_0,$$

wodurch der erste Satz dargestellt ist.

Addirt man diese Gleichungen, so ist

$$p_2 + p_0 = (q'_2 + q'_0) - (q_2 + q_0),$$

mithin gleich dem Gewichtsunterschiede der ganzen Säulen von der Höhe H.

c) Ist die Temperatur innerhalb des betrachteten Raumes durchaus gleich hoch[6]) und auch die Temperatur der Umgebung überall gleich, so verhalten sich die in den Abständen h_0 und h_2 vom Niveau des Gleichgewichts stattfindenden Spannungsdifferenzen (p_0, p_2) wie diese Abstände. Also

$$p_0 : p_2 = h_0 : h_2.$$

Beweis. Ist die innere Temperatur T, die äussere t, so ist mit hinreichender Annäherung

$$p_0 = h_0 \cdot 1{,}233 \frac{B}{760} \cdot \frac{T - t}{270 + T + t}$$

$$p_2 = h_2 \cdot 1{,}293 \frac{B}{760} \cdot \frac{T - t}{270 + T + t}.$$

Durch Division beider Gleichungen folgt die Behauptung.

4. Experimentelle Bestimmung des Ueberdrucks und der Lage der neutralen Zone.

Hat man sich überzeugt, dass ein Raum die Bedingungen für die Anwendbarkeit der vorausstehenden Sätze annähernd erfüllt, so lässt sich die Lage der Gleichgewichtslinie mit Hilfe des Differentialmanometers experimentell bestimmen, indem man an Stellen wie *A*, *B* (Fig. 1) eiserne Rohrstücke durch die Wände oder Thüren hindurchsteckt und das innere Ende derselben mit dem inneren oder äusseren Niveau des Manometers durch einen Kautschukschlauch verbindet. Ist das Manometer in dem zu untersuchenden Zimmer selbst aufgestellt und hat man das äussere Niveau mit dem oberen Rohrstück *A* verbunden¹), so steigt die Flüssigkeit im äusseren Schenkel um den Ueberdruck, welchen die innere Luft oben über die äussere übt. Dieser Ueberdruck soll mit p_2 bezeichnet werden. Setzt man nun überdies das innere Niveau mit dem unteren Rohrstück (*B*) in Verbindung, so erfolgt ein neues Steigen des Manometers um den Ueberdruck (p_0), welchen unten die äussere Luft über die innere besitzt.

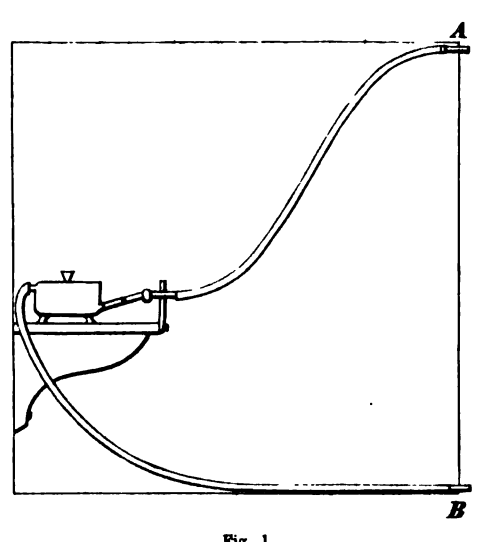


Fig. 1.

Bezeichnet man mit *h* die gesuchte Höhe der neutralen Zone über dem Boden, mit *H* die ganze Höhe des Raumes, so giebt der Satz 3 c) die Proportion

$$p_0 : p_2 = h : (H - h)$$

oder

$$h = H \frac{p_0}{p_0 + p_2}.$$

Wird nun ein drittes Rohr in der Höhe *h* über dem Boden ins Freie geführt, so zeigt das Manometer keinen Ausschlag. Zu-

gleich überzeugt man sich, dass $p_0 + p_2 = p$ ist, d. h. gleich der aus der Temperaturdifferenz der beiden Luftsäulen von der Höhe AB berechneten Spannungsdifferenz.

Die Kenntniss der neutralen Zone belehrt uns über die Vertheilung des Ventilationsgeschäftes: was unterhalb derselben liegt, lässt Luft herein; was darüber liegt, lässt eine gleich grosse Menge Luft hinaus.

5. Annahme und Definition.

Die weitere Entwicklung ruht auf der Annahme, dass die in gleichen Zeiten durch dieselbe Wandfläche gehenden Luftmengen den zu beiden Seiten der Wand bestehenden Druckdifferenzen proportional sind.

Diese Annahme ist sowohl durch die allgemeinen Versuchsresultate über den Durchgang der Luft durch capillare Röhren als auch durch besondere Versuche*) über die Permeabilität einzelner Baumaterialien gestützt.

Ferner soll der Begriff der Durchlässigkeit oder Permeabilität einer Wand so definirt werden, dass er die Anzahl der normalen Cubikmeter Luft bezeichnet, welche durch 1^{qm} der Wand unter dem Ueberdruck von 1^{kg} (1^{mm} Wasserhöhe) in einer Stunde hindurchgehen.

Bei der Anwendung dieses Begriffs auf eine verticale Zimmerwand begegnet man der Schwierigkeit, dass Fenster, Fensternischen und Thüren, indem sie sich nicht über die ganze Höhe der Wand erstrecken, verursachen, dass dem unteren Theile der verticalen Begrenzung im Allgemeinen eine andere Durchlässigkeit zukommt als dem oberen. Da sich nun beide Theile in verschiedener Weise an dem Ventilationsgeschäfte betheiligen, wird es nicht immer zulässig sein, für beide dieselbe mittlere Durchlässigkeit in Ansatz zu bringen.

6. Aufstellung der Gleichung des Luftwechsels.

Es soll nun der Flächeninhalt des Bodens dem Flächeninhalt der Decke gleich angenommen und beide mit dem Buchstaben f bezeichnet werden. Der Umfang des Bodens sei u, die Höhe des Zimmers H, die Entfernung der neutralen Zone vom Boden h. Ferner sei mit k_0 die Durchlässigkeit des Bodens, mit k_1 die mitt-

lere Durchlässigkeit des unteren Theiles, mit k' die mittlere Durchlässigkeit des oberen Theiles der verticalen Begrenzung, endlich mit k_2 die Durchlässigkeit der Decke bezeichnet. Die Grössen p_0, p_2 und $p = p_0 + p_2$ haben ihre frühere Bedeutung: p_0 bezeichnet den Ueberdruck, den die äussere Luft über die am Boden befindliche innere Luft ausübt, p_2 den Ueberdruck der an der Decke befindlichen inneren Luft über die äussere.

Dann giebt die Annahme von der Unveränderlichkeit der im Zimmer befindlichen Luftmenge die Gleichung

$$f k_0 p_0 + u h k_1 \frac{p_0}{2} = u(H - h) k' \frac{p_2}{2} + f k_2 p_2.$$ [9])

Die linke Seite bedeutet die Luftmenge, welche in der Stunde durch den Boden und den unteren Theil der verticalen Wände einströmt, während die rechte Seite der Gleichung die durch den oberen Theil der verticalen Wände und durch die Decke abströmende Luftmenge darstellt.

7. Discussion der Gleichung des Luftwechsels.

Aus dieser Gleichung in Verbindung mit dem Früheren lassen sich drei wichtige Sätze ableiten.

a) Setzt man für h seinen Werth $H \frac{p_0}{p}$ ein (worin die Annahme gleichmässiger Temperaturvertheilung liegt), dividirt die Gleichung durch p und setzt $p - p_0$ an die Stelle von p_2, so erhält man der Reihe nach die Umformungen

$$f k_0 p_0 + u H k_1 \frac{p_0^2}{2p} = u H \left(1 - \frac{p_0}{p}\right) k' \frac{p_2}{2} + f p_2 k_2$$

$$f k_0 \frac{p_0}{p} + \frac{1}{2} u H k_1 \left(\frac{p_0}{p}\right)^2 = \frac{1}{2} u H k' \left(1 - \frac{p_0}{p}\right) \frac{p_2}{p} + f \frac{p_2}{p} k_2$$

$$f k_0 \frac{p_0}{p} + \frac{1}{2} u H k_1 \left(\frac{p_0}{p}\right)^2 = \frac{1}{2} u H k' \left(1 - \frac{p_0}{p}\right)^2 + f \left(1 - \frac{p_0}{p}\right) k_2.$$

Aus der letzten in Bezug auf $\frac{p_0}{p}$ quadratischen Gleichung lässt sich dieses Verhältniss so entwickeln[10]), dass es von den Grössen p_0 und p selbst, also auch von den Temperaturen (T, t) **unab-**

hängig und nur durch die Dimensionen und Durchlässigkeiten der Begrenzung bestimmt erscheint.

Somit ist auch der Werth von $h = H\frac{p_0}{p}$, oder die Lage der neutralen Zone von der Temperatur unabhängig. Sie liegt bei normalen Umständen und gleichmässiger Temperaturvertheilung, solange sich die Beschaffenheit der Begrenzung nicht ändert, ein- für allemal fest.

b) Die hin und wieder gemachte Annahme, dass die Decke allein alle Luft hinauslasse, welche durch die übrige Begrenzung eindringt, ist nicht haltbar.

Wäre nämlich diese Annahme zulässig, so müsste das erste Glied auf der rechten Seite der Gleichung, welches die durch den oberen Theil der verticalen Wände hinausgehende Luftmenge darstellt, Null werden können. Also

$$u(H-h)k'\frac{p_2}{2} = 0.$$

Dieses Glied könnte aber nur dann Null sein, wenn entweder $k' = 0$, also der über der Gleichgewichtslinie liegende Theil der verticalen Begrenzung undurchlässig, oder wenn $H = h$, somit da $h = \frac{p_0}{p}H$, $p_0 = p$ wäre.

Nun ist aber $p = p_0 + p_2$, also müsste $p_2 = 0$ sein, was unmöglich ist, weil in diesem Falle — ohne Ueberdruck — auch durch die Decke selbst keine Luft hinausgehen, somit überhaupt kein Luftwechsel, sondern nur Einströmen von Luft stattfinden würde.

c) Der Ausdruck für die einströmende Luft in der Form

$$f k_0 p_0 + u h k_1 \frac{p_0}{2}$$

kann durch Einführung des Werthes von p_0 auf die Form gebracht werden:

$$\left[\left(f k_0 + \frac{1}{2} u h k_1\right) h \cdot 1{,}293 \, \frac{B}{760}\right] \frac{T-t}{270+T+t}.$$

Hier ist (bei gleichmässiger Vertheilung der Temperatur) der ganze Ausdruck in [ ] von der Temperatur unabhängig und der

Nenner $(270 + T + t)$ ändert sich innerhalb derjenigen Temperaturen, welche bei der Lüftung von Zimmern in Betracht kommen, nur wenig. Somit ist der unter normalen Umständen, bei gleichmässiger Temperaturvertheilung durch Temperaturunterschied in einem Zimmer hervorgebrachte Luftwechsel nahezu der Temperaturdifferenz $(T-t)$ proportional, und es hat somit bei Räumen, welche den vorgenannten Bedingungen entsprechen, einen guten Sinn, von dem für je 1^0 Temperaturdifferenz in einem Zimmer stattfindenden Luftwechsel zu sprechen.

Hat man für einen Raum, welcher den oben angeführten Bedingungen genügt, etwa mittelst des Pettenkofer'schen Verfahrens bei Windstille und einer bestimmten gemessenen Temperaturdifferenz die Gesammtventilation ermittelt, so kann man daraus für einen späteren Fall, wo die Temperaturdifferenz eine andere geworden ist, den Luftwechsel mit hinreichender Annäherung durch einfache Rechnung finden. Betrug z. B. bei 15^0 Temperaturdifferenz der durch dieselbe veranlasste stündliche Luftwechsel 60^{cbm}, so entspricht einem Grade ein Luftwechsel von 4^{cbm} und einer später beobachteten Temperaturdifferenz von n Graden ein Luftwechsel von $4\,n^{\text{cbm}}$[11]).

d) Andererseits darf ausdrücklich hervorgehoben werden, dass man durch wiederholte Messungen des gesammten in einem Zimmer unter normalen Umständen bei verschiedenen Temperaturen vor sich gehenden Luftwechsels die beiden unbekannten Durchlässigkeiten k_0 und k_1 des Ausdrucks

$$f k_0 p_0 + \frac{1}{2} u H k_1 \frac{p_0^2}{p},$$

für welchen solche Messungen Werthe geben, nicht trennen kann. Man erfährt zwar, dass der Boden und ein mit der Lage der neutralen Zone zugleich bekannter unterer Theil der verticalen Begrenzung stündlich eine gewisse Luftmenge einlassen; aber welchen Antheil daran der Boden hat und welchen der einlassende Theil der verticalen Wände, das lässt sich durch Bestimmungen der Gesammtventilation nicht ermitteln.

8. Luftwechsel in Zimmern von gleicher Durchlässigkeit.

Im Allgemeinen kann von dem Luftwechsel, welchen man unter normalen Umständen in einem Zimmer gefunden hat, auf den unter gleichen Umständen in einem Zimmer von anderen Dimensionen stattfindenden Luftwechsel selbst dann nicht geschlossen werden, wenn die Durchlässigkeiten in beiden Zimmern als gleich vorausgesetzt werden dürfen.

Durch Untersuchung der Bedingungen, unter denen ein solcher Schluss möglich ist, kommt man zu folgendem merkwürdigen Satze:

Ist in zwei Zimmern, welche gleiche Durchlässigkeiten haben, das Verhältniss der verticalen Begrenzung zur Bodenfläche gleich gross, so verhalten sich die in diesen Zimmern bei gleichen Temperaturen stattfindenden Luftwechsel wie ihre Cubikinhalte.

Gelten die früheren Bezeichnungen in dem Sinne, dass die analogen Dimensionen, Durchlässigkeiten und Ueberdrücke des zweiten Zimmers sich durch Marken von denen des ersten Zimmers unterscheiden, so sind die Bedingungen ausgedrückt durch die Gleichungen

1) . . . . $k_0 = k'_0,\; k_1 = k'_1,\; k' = k'',\; k_2 = k'_2$[12])

2) . . . . $\frac{uH}{f} = \frac{u'H'}{f'}$,

wozu noch die Voraussetzung gleicher Temperaturen die Gleichung

3) . . . . $\frac{p}{p'} = \frac{H}{H'}$

zwischen den Summen der Ueberdrücke und den Höhen der Zimmer liefert.

Die Behauptung geht dahin, dass die beiden Luftwechsel W und W' mit den Cubikinhalten fH und $f'H'$ in der Beziehung stehen:

$$\frac{W}{W'} = \frac{fH}{f'H'}.$$

Der Beweis ergiebt sich aus Folgendem.

Führt man in die Werthe $\frac{p_0}{p}$ und $\frac{p'_0}{p'}$, wie sich dieselben aus

der quadratischen Gleichung in II. 7. a) ergeben, die Bedingungen 1) und 2) ein, so findet man, dass

$$4) \ldots \frac{p_0}{p} = \frac{p'_0}{p'},$$

woraus mit Rücksicht auf 3) folgt:

$$5) \ldots \frac{p_0}{p'_0} = \frac{H}{H'}.$$

Nun ist unter Voraussetzung gleicher Durchlässigkeiten allgemein:

$$\frac{W}{W'} = \frac{f k_0 p_0 + \frac{1}{2} u H k_1 \frac{p_0^2}{p}}{f' k_0 p'_0 + \frac{1}{2} u' H' k_1 \frac{p'^2_0}{p'}},$$

was auf die Form

$$\frac{f p_0}{f' p'_0} \cdot \frac{k_0 + \frac{1}{2} \frac{uH}{f} k_1 \frac{p_0}{p}}{k_0 + \frac{1}{2} \frac{u'H'}{f'} k_1 \frac{p'_0}{p'}}$$

gebracht werden kann.

Wegen 2) und 4) ist der zweite Bruch der Einheit gleich und folglich

$$\frac{W}{W'} = \frac{f p_0}{f' p'_0},$$

woraus durch Einführung von 5) die Behauptung erhalten wird.

9. Annähernde Berechnung des Verhältnisses von Luftwechseln.

Es giebt einen nicht selten vorkommenden Fall, wo man durch Anwendung der im vorigen Paragraphen aufgestellten Proportion einen genäherten Werth für das Verhältniss zweier Luftwechsel findet, obwohl die Bedingung 2) auch nicht annähernd erfüllt ist.

Sind nämlich in zwei Zimmern die Durchlässigkeiten gleich, darf ferner ein Mittelwerth für die Durchlässigkeit der verticalen Begrenzung angenommen und (wegen Gleichheit der Herstellungsart) die Durchlässigkeit (k_0) des Bodens gleich der Durchlässigkeit (k_2) der Decke gesetzt werden, so ist bei gleichen Temperaturen das Verhältniss der Luftwechsel um so näher dem Verhältniss der

Cubikinhalte gleich, je kleiner die Durchlässigkeit der verticalen Begrenzung gegenüber der Durchlässigkeit der Decke ist.

Die Bedingungen sind hier

1) . . . . $k_0 = k'_0$, $k_1 = k'_1$, $k' = k''$, $k_2 = k'_2$,

2) . . . . $k_1 = k'$, $k_0 = k_2$,

3) . . . . $\frac{p}{p'} = \frac{H}{H'}$.

Der Beweis liegt in Folgendem:

So oft $k_1 = k'$ ist, wird die Gleichung II. 7. a) in Bezug auf $\frac{p_0}{p}$ vom ersten Grad und

$$\frac{p_0}{p} = \frac{fk_2 + \frac{1}{2} uHk_1}{fk_0 + uHk_1 + fk_2}.$$

Setzt man überdies $k_0 = k_2$, so erhält $\frac{p_0}{p}$ den Werth $\frac{1}{2}$, d. h. die neutrale Zone liegt in der Mitte der Höhe, was leicht auch ohne Rechnung als Folge der gemachten Voraussetzungen erkannt wird.

Denselben Werth hat $\frac{p'_0}{p'}$. Somit gilt $\frac{p_0}{p} = \frac{p'_0}{p'}$ und $\frac{p_0}{p'_0} = \frac{H}{H'}$ wie in Nr. 8.

Man erkennt nun die Wahrheit der Behauptung leicht aus der zweiten Form, in welche oben (Nr. 8) der Werth $\frac{W}{W'}$ gebracht wurde. Denn es ist

$$\frac{W}{W'} = \frac{f H}{f' H'} \cdot \frac{k_0 + \frac{1}{4} \frac{uH}{f} k_1}{k_0 + \frac{1}{4} \frac{u'H'}{f'} k_1}$$

und der zweite Bruch nähert sich der Einheit um so mehr, je kleiner $\frac{k_1}{k_0}$ ist.

Um ein Zahlenbeispiel für den Grad der Annäherung zu erhalten, nehmen wir an, zwei Zimmer haben die gleiche Höhe ($H = H' = 3{,}6^{\mathrm{m}}$) und die gleiche Tiefe von 7^{m}, während die Breite

des einen 5 m, die des anderen 10 m betragen soll. Ferner sollen die Durchlässigkeiten in beiden Zimmern gleich sein und auch $k_1 = k'$, $k_0 = k_2$ gesetzt werden dürfen.

Dann ist

$$\frac{uH}{f} = 24 \cdot \frac{3,6}{35}; \quad \frac{u'H'}{f} = 17 \cdot \frac{3,6}{35},$$

und es berechnet sich, wenn $k_1 = 0,2\, k_0$ angenommen wird:

$$\frac{W''}{W'} = 2 \cdot \frac{112}{109},$$

während das Verhältniss der Cubikinhalte 2 ist. Man verliert also unter diesen Umständen durch Anwendung der Proportion nur ca. 3 % des wahren Werthes.

10. Experimentelle Bestimmung der Durchlässigkeiten.

Aus dem Vorausgehenden folgt, dass man ohne Kenntniss der Durchlässigkeiten nur in einzelnen günstigen Fällen von dem Luftwechsel eines Zimmers auf den eines anderen schliessen kann. Man hat demnach sein Augenmerk auf jene Constanten zu richten, mit Hilfe deren der Uebergang von einem Zimmer auf ein anderes, welches nur in den Dimensionen und Temperaturen abweicht, unter allen Umständen gemacht werden kann [13]).

Will man durch Bestimmung des Gesammtluftwechsels Werthe für die Durchlässigkeiten der drei Begrenzungen erhalten, so hat man zwei Zimmer auszuwählen, welchen man gleiche Durchlässigkeiten zutrauen darf, während in beiden das Verhältniss

$$\frac{uH}{f}$$

verschiedene Werthe hat.

In beiden Zimmern muss zu der unter normalen Umständen ausgeführten Messung der Gesammtventilation noch die (manometrische) Messung von p_0 und p'_0 kommen, d. h. derjenigen Ueberdrücke, welche die äussere Luft unmittelbar am Boden über die innere besitzt. Die Summen $p = p_0 + p_2$ und $p' = p'_0 + p'_2$ können aus den Temperaturen und Zimmerhöhen berechnet oder, was oft bequemer ist, ebenfalls gemessen werden. Da in jedem der beiden

Zimmer sowohl die Menge der einströmenden Luft als auch die der abströmenden dem gefundenen Werthe der Gesammtventilation gleich gesetzt werden kann, erhält man durch zwei vollständige Messungen zwei Paar Gleichungen von der Form

$$\left.\begin{aligned} a &= f k_0 p_0 + \frac{1}{2} u H k_1 \frac{p_0^2}{p} \\ b &= f' k_0 p'_0 + \frac{1}{2} u' H' k_1 \frac{p'^2_0}{p'} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \quad (1$$

$$\left.\begin{aligned} a &= f k_2 p_2 + \frac{1}{2} u H k' \frac{p_2^2}{p} \\ b &= f' k_2 p'_2 + \frac{1}{2} u' H' k' \frac{p'^2_2}{p'} \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \quad (2$$

in welchen die vier Unbekannten k_0, k_1 und k', k_2 paarweise vorkommen, während alles Uebrige bekannt ist.

11. Zweite Methode die Durchlässigkeiten zu finden.

Die in Nr. 10 angegebene Methode ist auf die Voraussetzung gegründet, dass Zimmer gefunden werden können, von denen man annehmen darf, dass sie gleiche Durchlässigkeiten haben, ohne dass man diese Durchlässigkeiten selbst kennt.

Obwohl man über diese Voraussetzung nicht hinwegkommen wird, wenn man von dem bekannten Luftwechsel eines Zimmers auf den noch unbekannten eines anderen schliessen will, so scheint es doch von einem anderen Gesichtspunkte aus wünschenswerth, eine experimentelle Methode zu besitzen, welche die Durchlässigkeiten kennen lehrt, ohne uns noch auf ein zweites Zimmer anzuweisen.

Eine solche Methode will ich nun angeben. Sie setzt voraus, dass man für den verticalen Theil der Begrenzung eine mittlere Durchlässigkeit ($k_1 = k'$) annehmen darf. Das Verfahren ist folgendes:

a) Man bestimmt die Lage der neutralen Zone durch Messung des am Boden stattfindenden Ueberdrucks (p_0) und Berechnung (oder Messung) der Summe $p = p_0 + p_2$.

Dadurch erhält man einen Werth für die linke Seite der Gleichung:

$$1) \ldots \ldots \frac{p_0}{p} = \frac{fk_2 + \frac{1}{2} uHk_1}{fk_2 + uHk_1 + fk_0}.$$

b) Man misst den gesammten Luftwechsel (a) nach v. Pettenkofer's Methode. Dadurch erhält man die Gleichung

$$2) \ldots \ldots (p - p_0) fk_2 + \frac{1}{2} uHk_1 \frac{(p - p_0)^2}{p} = a.$$

Diese beiden Messungen können leicht gleichzeitig ausgeführt werden.

c) Man bahnt der Luft einen neuen Weg dadurch, dass man einen bisher verschlossenen Canal, der sich am besten nahe am Boden (z. B. im untersten Theil der Thüre) oder nahe an der Decke befindet, öffnet.

Die Luftmenge, welche durch diesen Canal strömt, wird gemessen. Zugleich beobachtet man die Veränderung, welche durch das Oeffnen des Canals in der Druckvertheilung vor sich geht.

Liegt der Canal nahe am Boden, so sinkt bei seiner Eröffnung die neutrale Zone, liegt er an der Decke, so steigt sie, und diese Verschiebungen geben sich durch Veränderungen im Werthe von p_0 kund, während $p = p_0 + p_2$ constant bleibt, weil es nur von der Höhe des Zimmers und den Temperaturen abhängt.

Das Verhältniss der durch den Canal stündlich ein- oder ausströmenden Luftmenge zu der gleichzeitigen Aenderung des Werthes von p_0[1]) ist der Werth des Ausdrucks $fk_0 + uHk_1 + fk_2$, welcher auf der rechten Seite der ersten Gleichung den Nenner bildet.

Diesen Ausdruck, der sich aus drei Summanden zusammensetzt, welche uns sagen, was jede einzelne Wand bezüglich der Lüftung zu leisten vermag und leistet, wenn der Ueberdruck 1 mm Wasser beträgt, will ich das Lüftungsvermögen des Zimmers nennen.

Dann lässt sich der eben aufgestellte Satz so aussprechen:

Tritt unter normalen Umständen bei constanter Temperatur ein constanter Luftstrom in ein Zimmer ein oder aus demselben aus, welcher stündlich m Cubikmeter Luft zu- oder abführt, so ist während der Dauer dieser Strömung der Werth des am Boden stattfinden-

den Ueberdrucks der äusseren Luft über die innere um δ kleiner oder grösser als ohne den Strom, und man erhält das Lüftungsvermögen (L) des Zimmers, wenn man m durch δ dividirt.

In Zeichen

$$fk_0 + uHk_1 + fk_2 = L = \frac{m}{\delta}.$$

Dieser nützliche Satz, welcher u. A., wenn das Lüftungsvermögen eines Locals einmal bekannt ist, die Prüfung der Leistung einer in demselben einseitig thätigen Ventilationsanlage auf die manometrische Messung der Verschiebung der neutralen Zone zurückführt, wird leicht bewiesen, indem man die Gleichung des natürlichen Luftwechsels

$$fk_0 p_0 + \frac{1}{2} uHk_1 (2p_0 - p) = fk_2 (p - p_0)$$

von der Gleichung des künstlich gesteigerten Luftwechsels

$$m + fk_0 p'_0 + \frac{1}{2} uHk_1 (2p'_0 - p) = fk_2 (p - p'_0)$$

abzieht. Man erhält

$$m = fk_0 (p_0 - p'_0) + uHk_1 (p_0 - p'_0) + fk_2 (p_0 - p'_0)$$

oder

$$\frac{m}{p_0 - p'_0} = fk_0 + uHk_1 + fk_2,$$

was zu beweisen war.

Die Form des Beweises bezieht sich auf den Fall des Einströmens, wobei p_0 vermindert wird. Für den Fall des Abströmens ändert sich zugleich das Vorzeichen von m und von $p_0 - p'_0$, was auf den Werth des Quotienten keinen Einfluss hat.

Beispiel. Ein Zimmer, welches 3,6 m hoch, 7 m lang und 5 m breit ist, hat eine Temperatur von 20° C., seine Umgebung 0° C.

a) Die neutrale Zone liegt in $\frac{13}{32}$ der Höhe, weil $p_0 = 0{,}13$, $p = 0{,}32$ gefunden wird.

b) Der gesammte Luftwechsel beträgt 39,9 cbm pro Stunde.

c) Durch einen nahe am Boden befindlichen Canal von 1 qdm Querschnitt strömen 28 cbm pro Stunde ein, während $p'_0 = 0{,}08$ und $p = 0{,}32$ ist.

Man hat nun

$$1) \ldots \frac{13}{32} = \frac{fk_2 + \frac{1}{2} uHk_1}{L},$$

$$2) \ldots 0{,}19\, fk_2 + \frac{(0{,}19)^2}{64} uHk_1 = 39{,}9,$$

$$3) \ldots L = \frac{28}{0{,}05} = 560.$$

Daraus erhält man

$$k_0 = 8{,}3$$
$$k_1 = 1{,}0$$
$$k_2 = 5{,}3.$$

Die Ueberdrücke p_0 ... werden leicht auf eine Einheit der zweiten Decimale genau, d. h. so erhalten, dass der Fehler kleiner ist als 0,005, wenn man der Messröhre des Manometers eine Steigung von ca. 3 % giebt und, um den Nullpunkt sicher zu eliminiren, den Schlauch abwechselnd an das innere und äussere Niveau ansetzt.

Die Unsicherheit des Werthes von L ist demnach auf höchstens 10% anzuschlagen.

12. Der dritte Versuch, welcher in Nr. 11 angegeben wurde, belehrt uns zugleich über das Maass, in welchem der Effect der Porenventilation abnimmt, sobald ein durch weite Oeffnungen zugelassener oder auch durch besondere Vorrichtungen (Ventilatoren) eingetriebener Luftstrom sich am Ventilationsgeschäfte betheiligt. Die Abnahme ist durch den Ausdruck $(p_0 - p'_0)$ $[fk_0 + \frac{1}{2} uHk_1]$ gegeben und somit der Druckabnahme $(p_0 - p'_0)$ proportional.

Setzt man $p'_0 = 0{,}08$ mit den übrigen, nun bekannten Werthen in den Ausdruck, welcher die durch die Poren einströmende Luftmenge darstellt:

$$fk_0 p'_0 + \frac{1}{2} uHk_1 \frac{p'^2_0}{p},$$

so erhält man 24,1 cbm, während vorher, ehe der Canal geöffnet wurde, durch die Poren 39,9 cbm einströmten.

Durch Oeffnen des Canals, der 28 cbm einliess, steigerte sich demnach der Luftwechsel von 39,9 cbm auf 24,1 + 28,0 oder 52,1 cbm und die Zunahme betrug (in Folge der Abnahme des Effects der Porenventilation) nur 12,2 cbm.

Ganz analog wirkt die Oeffnung eines Abzugscanals und einer Absaugevorrichtung. Stets ist der durch solche Vorrichtungen gesteigerte Luftwechsel kleiner als die Summe aus der durch den Canal strömenden Luftmenge und dem bei geschlossenem Canal stattfindenden Luftwechsel.

Fügt man zu dem einlassenden Canal noch einen Abzugscanal, so wird die Porenventilation nur dann nicht geschwächt, wenn durch beide Canäle gleich grosse Luftmengen strömen.

Uebersicht der hauptsächlichsten Resultate der vorstehenden Abhandlung.

1) Hat die Luft eines Zimmers eine constante Temperatur, welche höher ist als die Temperatur seiner Umgebung, und hat auch diese Umgebung, welche frei und windstill vorausgesetzt wird, constante Temperatur, so findet in dem Zimmer ein Luftwechsel statt, welcher einem stationären Zustand zustrebt.

Ist dieser Zustand erreicht, so befindet sich in irgend einer Höhe, welche geringer ist als die Höhe des Zimmers, die innere Luft mit der äusseren im Gleichgewicht. Unterhalb der neutralen Zone strömt, vermöge eines Ueberdrucks der äusseren Luft über die innere, Luft in das Zimmer ein; oberhalb derselben strömt vermöge eines Ueberdrucks der inneren Luft über die äussere in derselben Zeit gleichviel Luft aus.

2) Ist die Temperatur in der ganzen Höhe des Zimmers gleich, so ist die Lage der neutralen Zone dadurch bestimmt, dass ihre Abstände von Boden und Decke sich wie die im Niveau dieser Grenzflächen bestehenden Ueberdrücke verhalten.

Unter derselben Voraussetzung ist die Lage der neutralen Zone von den Temperaturen des Zimmers und seiner Umgebung

unabhängig und nur durch die Dimensionen und Durchlässigkeitsverhältnisse bestimmt.

3) Der stationäre Luftwechsel eines Zimmers ist dem Unterschiede zwischen seiner Temperatur und der Temperatur seiner Umgebung nahezu proportional.

4) Ohne Kenntniss der Durchlässigkeiten lässt sich nur in einzelnen Fällen von dem Luftwechsel eines Zimmers auf den eines anderen von gleichen Durchlässigkeiten schliessen. In diesen Fällen ist das Verhältniss der Luftwechsel gleich dem der Cubikinhalte.

5) Eine Methode, die Durchlässigkeiten zu finden, besteht in Vergleichung des Luftwechsels zweier Zimmer von gleichen Durchlässigkeiten und verschiedenen Dimensionen bei gleichzeitiger Messung der Temperatur und Bestimmung der Lage der neutralen Zone.

6) Eine zweite Methode, die Durchlässigkeiten eines Zimmers zu finden, ist begründet auf Messung seines gesammten Luftwechsels, Bestimmung der Lage seiner neutralen Zone und Eröffnung eines neuen Luftcanals. Dabei ist der Satz anzuwenden: Das gesammte Lüftungsvermögen eines Zimmers ist dem Quotienten aus der durch den Canal strömenden Luftmenge und der durch das Oeffnen des Canals an irgend einer Stelle des Zimmers bewirkten Aenderung des Ueberdrucks gleich.

7) Die durch eine besondere Ventilationsanlage bewirkte Abnahme des Effects der Porenventilation ist der gleichzeitig mit Bethätigung der Ventilationsanlage eintretenden Aenderung des an irgend einer Stelle des Zimmers bestehenden Ueberdrucks proportional.

Anmerkungen.

1) v. Pettenkofer. über den Luftwechsel in Wohngebäuden. München 1858. Ursprünglich drei Abhandlungen der naturw.-techn. Commission der k. b. Akademie der Wissenschaften in München, 1858.

2) C. Lang, über natürliche Ventilation und die Porosität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

3) Das Differentialmanometer, seine Eichung und Anwendung ist in den Annalen der Physik und Chemie Neue Folge Bd. 2 (1877) und im Journal für Gasbeleuchtung und Wasserversorgung Jahrg. 1877 S. 662 ff. beschrieben.

4) Die stetige Zunahme der Dichtigkeit mit der Tiefe ist hier insofern ausser Acht gelassen, als bei Berechnung der Drücke der Luftsäulen, welche

sich im Zimmer und dessen Umgebung befinden, stets eine in ihrer ganzen Ausdehnung gleiche mittlere Dichtigkeit zugeschrieben wird.

Da es sich im Folgenden um die Differenzen sehr kleiner Drücke handelt, ist die Zulässigkeit einer solchen Annahme nicht unmittelbar klar. Deshalb soll das Resultat der strengen Rechnung mit dem der abgekürzten verglichen werden.

Sei am oberen Ende einer Luftsäule vom Querschnitt 1 (qm) und von der Temperatur t^0 C der Luftdruck B (kg) und $B + P$ in der Tiefe z, so ist die Dichtigkeit an dieser Stelle

$$a \frac{B+P}{760} \cdot \frac{1}{1+\alpha t},$$

wobei mit a die normale Dichtigkeit der Luft (1.293 kg pro Cubikmeter) bezeichnet ist.

Die Zunahme dP, welche der Luftdruck erfährt, wenn die Tiefe z um dz wächst, ist dem Gewichte der elementaren Schicht von der Dicke dz gleich und somit

$$dP = a \frac{B+P}{760} \cdot \frac{1}{1+\alpha t} \cdot dz,$$

woraus durch Integration gefunden wird

$$\log\left(1 + \frac{P}{B}\right) = \frac{az}{760\,(1+\alpha t)}$$

oder

$$1 + \frac{P}{B} = e^{\frac{az}{760\,(1+\alpha t)}}.$$

Berechnet man hieraus P für den Fall, dass $z = 5^m$ und $t = -10^0$ C. ist, so findet man

$$P_1 = 0{,}008873\,B.$$

Nimmt man dagegen $t = +20^0$ C., so ergiebt sich

$$P_2 = 0{,}007952\,B.$$

Gegenüber dieser exacten Rechnung besteht die vereinfachte darin, dass man von der Entwicklung der Exponentialgrösse

$$e^{\frac{az}{760\,(1+\alpha t)}} = 1 + \frac{az}{760\,(1+\alpha t)} + \frac{1}{2}\left[\frac{az}{760\,(1+\alpha t)}\right]^2 \cdots$$

nur die beiden ersten Glieder beibehält und demgemäss setzt

$$P = az \frac{B}{760} \cdot \frac{1}{1+\alpha t},$$

was demnach etwas zu klein ist.

Führt man auch die vereinfachte Rechnung für die vorhin angenommenen Fälle numerisch durch, so erhält man

$$P_1 = 0{,}008833\,B$$
$$P_2 = 0{,}007920\,B.$$

Die genaue Differenz ist demnach

$$P_1 - P_2 = 0.000921\ B$$

$$\text{die genäherte} = 0.000913\ B.$$

Man verliert also ungefähr 1 °/₀ des Werthes, und dieser Fehler darf gegenüber der durch die Beobachtung erreichbaren Genauigkeit als bedeutungslos angesehen werden.

Ist die Höhe kleiner als 5 m oder die Temperaturdifferenz kleiner als 30°, so beträgt der Unterschied zwischen der genauen und vereinfachten Rechnung weniger als 1°/₀ des Werthes.

5) Der Einfachheit wegen ist hier als Annahme aufgeführt, was bei bestehender Temperaturdifferenz als Bedingung eines stationären Zustandes bewiesen werden kann.

Zunächst ist klar, dass ein stationärer Zustand unmöglich wäre, wenn die Menge der einströmenden oder die der ausströmenden Luft überwöge. Denn in beiden Fällen würden Aenderungen in der Dichtigkeit der Zimmerluft eintreten, welche Steigerung oder Abnahme ihrer Spannkraft zur Folge haben. Indem so der Gegendruck der inneren oder der äusseren Luft wüchse, würde das Einströmen oder das Ausströmen geschwächt und so auf Ausgleichung der Luftmengen hingearbeitet werden.

Die Möglichkeit eines stationären Zustandes ohne Bewegung von Luft durch die Poren des Umschlusses ist dadurch angeschlossen, das nach I. 3. eine warme Luftsäule nur in einer und nicht in jeder Höhe mit einer kälteren im Gleichgewicht sein kann.

6) Ist diese Bedingung nicht erfüllt, sondern die mittlere Temperatur unterhalb der neutralen Zone T_0, oberhalb T_2, so geben die für p_0 und p_2 folgenden Formeln, dass sehr nahe

$$\frac{p_0 (T_2 - t)}{p_2 (T_0 - t)} = \frac{h_0}{h_2}.$$

Man kann in solchen Fällen die einfache Gleichung

$$\frac{p_0}{p_2} = \frac{h_0}{h_2}$$

benutzen, um annähernd die Bezirke zu finden, deren mittlere Temperaturen T_0 und T_2 zu messen sind, und dann mittelst der Messungsresultate das gesuchte Verhältniss der Höhen $\left(\frac{h_0}{h_2}\right)$ corrigiren.

Hat man z. B. experimentell $p_0 = p_2$ gefunden, während die Temperatur der Umgebung 0°, die der oberen Zimmerhälfte 22°, die der unteren 18° ist, so würde $\frac{h_0}{h_2} = \frac{11}{9}$ zu nehmen sein und die neutrale Zone nicht in $\frac{1}{2}$, sondern in $\frac{11}{20}$ der Zimmerhöhe liegen.

7) Da es nicht angeht, an das Glasröhrchen, in welchem sich das äussere Niveau des Manometers befindet, einen der Bewegung ausgesetzten Schlauch anzusetzen, verbindet man dasselbe durch ein kleines Schlauchstück mit einem anderen Glasrohr, welches fest durch ein befestigtes Brettchen gesteckt ist.

8) Vergl. C. Lang a. a. O. S. 73.

Der geringste Druck, welchen Herr C. Lang anwandte, betrug 30mm Wasser.

In der Absicht, das Gesetz auch für die weit kleineren Ueberdrücke zu prüfen, welche den natürlichen Luftwechsel veranlassen, stellte ich im December 1876 mit einem Ziegelstein, welcher 30cm lang, 15cm breit und 7cm dick war und kurz vorher zur Ausführung des bekannten Pettenkofer'schen Versuchs (Ausblasen eines Lichts durch den Stein hindurch) gedient hatte, einige Proben an, welche ein für die Annahme sehr günstiges Resultat gaben.

Die vier schmalen Seiten des Steins waren mit Wachs und venetianischem Terpentin luftdicht verstrichen, die eine Breitseite war frei, die andere mit einer Fassung von Zinkblech versehen.

Von der Fassung führte ein Kautschukschlauch nach einem Hahn, welcher in die eine Bohrung eines Kautschukpfropfs gesteckt war, der eine grosse Wasserflasche oben verschloss. Auch in der zweiten Bohrung des Pfropfs stak ein Hahn, von welchem ein Schlauch nach dem Differentialmanometer führte. Unten hatte die Flasche einen Tubulus, welcher ebenfalls durch einen Kautschukpfropf und einen Hahn verschlossen werden konnte. Indem man diesen Hahn mehr oder weniger öffnet, hat man es in seiner Gewalt, grössere oder kleinere Ueberdrücke zu erzeugen. Das Volumen des unten ausgeflossenen Wassers giebt die Menge der durch den Stein in den oberen Raum eingetretenen Luft an.

Durch dieses Verfahren erhielt ich folgende Resultate:

Druck in Millimetern Wasser	Pro Minute und Millimeter Druck durchgelassene Luftmenge in Cubikcentimetern
0,64mm	1,6ccm
0,62	1,5
2,55	1.6
2,52	1,6
1,17	1,6

Für die Stunde und das Quadratmeter folgt daraus eine Durchlässigkeit von 2,1 Liter, was bei Reduction auf 1m Dicke noch durch $\frac{100}{7}$ zu dividiren ist und somit den Werth 0,14 Liter erhält.

9) Dem Bedenken, welches daraus entstehen könnte, dass für den unteren oder oberen Theil der verticalen Begrenzung ein Mittelwerth der Durchlässigkeit angenommen und dieser mit dem Mittelwerthe des Drucks $\left(\frac{p_0}{2}, \frac{p_2}{2}\right)$ multiplicirt ist, begegnet man durch folgende Betrachtung.

Ist die Durchlässigkeit k eine Function der Höhe z, so ist die Luftmenge, welche durch einen um z Meter unterhalb der neutralen Zone befindlichen Streifen von der Breite dz eintritt,

$$u\,dz\,k\,P,$$

wobei mit P der an dieser Stelle vorhandene Ueberdruck bezeichnet ist.

Nun ist $P = \frac{z}{h} p_0$, folglich die Luftmenge

$$u \frac{p_0}{h} \cdot k z d z.$$

Um die gesammte Luftmenge zu erhalten, welche unterhalb der neutralen Zone durch die verticale Begrenzung geht, hat man diesen Ausdruck zwischen den Grenzen o und h zu integriren oder

$$u \frac{p_0}{h} \int_0^h k z \, dz$$

zu bilden. Da z innerhalb der Grenzen sein Vorzeichen nicht ändert, so kann man

$$\int_0^h k z \, d z = k_1 \int_0^h z \, d z$$

setzen, wobei k_1 irgend ein zwischen dem grössten und kleinsten Werth von k liegender mittlerer Zahlenwerth ist.

Dann wird die gesuchte Luftmenge

$$u \frac{p_0}{h} k_1 \frac{h^2}{2} = u h k_1 \frac{p_0}{2},$$

wie im Text angenommen wurde.

10) Die Auflösung ist

$$\frac{p_0}{p} = -\frac{f k_0 + u H k' + f k_2}{u H (k_1 - k')} + \sqrt{\frac{u H k' + 2 f k_2}{u H (k_1 - k')} + \left(\frac{f k_0 + u H k' + f k_2}{u H (k_1 - k')}\right)^2}.$$

Darf $k_1 = k'$ gesetzt werden, dann folgt viel einfacher

$$\frac{p_0}{p} = \frac{\frac{1}{2} u H k_1 + f k_2}{f k_0 + u H k_1 + f k_2}.$$

Bei ungleicher Temperaturvertheilung ist zu setzen

$$h = H \frac{p_0 (T_2 - t)}{p (T_0 - t) + p_0 (T_2 - T_0)}$$

statt des einfachen $h = H \frac{p_0}{p}$.

11) Aus v. Pettenkofer's Versuchen folgt für das von ihm untersuchte Zimmer bei je 1° Temperaturdifferenz der Luftwechsel

$$\frac{95}{20} = 4{,}7$$

$$\frac{75}{19} = 3{,}9$$

$$\frac{22}{4} = 5{,}5$$

Im Mittel 4,7 cbm.

Die Abweichung vom Mittel beträgt im zweiten Versuch — 14, im dritten + 4 cbm. Diese Fehler erklären sich leicht durch die Möglichkeit verschiedener Abweichungen von den normalen Umständen.

12) Aus der Entwicklung folgt, dass es sowohl für diese Anwendung als für die folgende (in Nr. 9) genügt, dass die Verhältnisse $\frac{k_1}{k_0}, \frac{k'}{k_0}, \frac{k_2}{k_0}$ in dem einen Zimmer so gross sind wie im andern. Die hierdurch erreichte Erweiterung dürfte indessen von geringer praktischer Bedeutung sein.

13) Wie nothwendig es ist, die Durchlässigkeiten an den Begrenzungen der Zimmer selbst zu bestimmen, ergiebt sich aus einem Vergleich der Werthe, welche für die Durchlässigkeit einzelner Baumaterialien gefunden werden, mit denjenigen, welche zur Erklärung beobachteter Luftwechsel den aus diesen Materialien aufgebauten Wänden, Decken etc. zugeschrieben werden müssen.

Nach Herrn C. Lang's Versuchen würde eine Mörteldecke von 1 cm Dicke unter einem Ueberdruck von 1 mm Wasser pro Quadratmeter und Stunde 0,091 cbm Luft durchlassen.

Wenn wir uns eine Zimmerdecke durch eine solche Mörtelschicht repräsentirt denken, scheinen wir eine für die Durchlässigkeit dieser Decke sehr günstige Annahme zu machen. Wir wollen deshalb die erwähnte Durchlässigkeit sowohl der Decke als dem Boden des Zimmers zuschreiben. Ferner sollen die Wände nur 10 cm dick und von Kalktuffstein — dem durchlässigsten Material — hergestellt sein, so kommt ihnen nach Herrn C. Lang's Versuchen die Durchlässigkeit 0,08 zu.

Das Zimmer sei 7 m lang, 5 m breit, 3,6 m hoch und die Temperaturdifferenz 20° C.

Der stündliche Luftwechsel dieses Zimmers berechnet sich dann aus

$$f k_0 p_0 + \frac{1}{2} u H k_1 \frac{p_0^2}{p}$$

zu 0,79 cbm.

v. Pettenkofer hat für ein viel kleineres Zimmer mit Backsteinwänden bei 19° C. Temperaturdifferenz nach Verkleben aller Ritzen einen stündlichen Luftwechsel von 54 cbm, also ungefähr das Siebzigfache gefunden.

Ich selbst habe mittelst einer rein physikalischen, auf ihren möglichen Fehler leicht controlirbaren Methode, welche ich demnächst mittheilen werde, den Luftwechsel eines Zimmers, welches obige Dimensionen und Wände von rothem Sandstein hat, bei 20° Temperaturdifferenz unter normalen Umständen gleich

70 cbm

gefunden, was von der Wahrheit um höchstens 7 cbm abweichen kann.

Daraus folgt, dass — wahrscheinlich in Folge der undefinirbaren Art, wie unsere Mauern, Zimmerdecken etc. hergestellt werden — die für einzelne Baumaterialien gefundenen Durchlässigkeiten auf die aus denselben aufgeführten Mauern etc. nicht übertragen werden dürfen.

Um eine directe Controle für dieses Urtheil zu gewinnen, habe ich ein eisernes Rohr durch die 0,80 m dicke Mauer des vorgenannten Zimmers ge-

trieben, mit der Absicht, in verschiedenen Dicken den Ueberdruck der äusseren Luft über die innere manometrisch zu bestimmen. Ich kam dabei zufällig zuerst auf einen Stein von etwa 20 cm Dicke. Nachdem dieser durchbohrt war, glitt das Rohr beinahe widerstandslos 40 cm vorwärts und stiess dann auf den Widerstand der äusseren Steinlage.

Man erhält dadurch das in Fig. 2 gegebene Bild des verticalen Querschnitts einer solchen Mauer, von dessen Richtigkeit man sich hier bei jedem Neubau überzeugen kann. Der innere Raum ist mit kleinen, sehr unregelmässigen Abfallstücken so ausgefüllt, dass dem Durchgang der Luft kein Widerstand entgegensteht. Nach jeder Steinhöhe folgt eine unregelmässige Mörtelschicht. Die äussere Steinlage, welche in dem untersuchten Falle ohne Bewurf ist, leistet der Luft ebenfalls sehr wenig Widerstand; denn der Druck wurde in dem Raume des Gerölls merklich eben so gross gefunden als in der freien Luft.

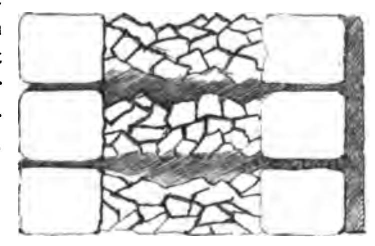


Fig. 2.

So bleibt im Grunde nicht viel mehr als der innere Bewurf, der meistens von Rissen und Sprüngen durchzogen ist, welche nur ganz oberflächlich gedeckt sind.

Ebenso habe ich mich überzeugt, dass die zwischen den Diehlen des Fussbodens befindlichen Zwischenräume der Luft einen beinahe freien Durchgang gestatten; an einem bloss durch die Diehlen gesteckten Rohr liess sich kein Ueberdruck nachweisen, derselbe tritt erst dann merklich hervor, wenn das Rohr in den weiter unten mit Schlacken vermengten Sand eindringt.

14) Statt der Aenderung von p_0 kann auch die Aenderung des in irgend einer anderen Höhe bestehenden Ueberdrucks beobachtet werden, da sich alle Ueberdrücke um die gleiche Grösse ändern.

Zweite Abhandlung.

Die erste Abhandlung enthielt die Theorie des Luftwechsels für ein Gemach, welches durchaus von freier ruhiger Luft umgeben ist. Es wurde gezeigt, wie dieser Luftwechsel aus den Temperaturen, Dimensionen und Durchlässigkeiten berechnet werden kann; auch wurden Methoden angegeben, die Durchlässigkeiten der Begrenzungen experimentell zu bestimmen.

Es soll nun die Voraussetzung der allseitig freien Umgebung aufgegeben und untersucht werden, welche Veränderungen gegenüber dem unter normalen Umständen stattfindenden Luftwechsel eines Gemachs eintreten, wenn einzelne Theile der Begrenzung nicht mehr von freier Luft umgeben sind, sondern den betrachteten Raum von ebenfalls abgeschlossenen Räumen trennen. Und zwar soll zunächst der Fall betrachtet werden, wo über oder unter einem Gemach sich ein abgeschlossener Raum befindet, welcher von jenem durch eine poröse Wand getrennt ist. In einer dritten Abhandlung soll untersucht werden, welchen Einfluss ein seitlich angrenzender abgeschlossener Raum auf den Luftwechsel eines Zimmers ausübt. Endlich soll die Aufgabe, den Antheil zu berechnen, welchen bei einer beliebigen Combination von Gemächern jede einzelne Wand an dem durch Temperaturunterschied hervorgerufenen Luftwechsel nimmt, allgemein gelöst werden.

Luftwechsel in zwei abgeschlossenen Gemächern, welche durch eine horizontale Wand von einander getrennt, im Uebrigen aber von freier Luft umgeben sind.

I.

Das eine der beiden Gemächer habe die Temperatur der freien Umgebung, das andere eine höhere Temperatur.

1) Befindet sich ein abgeschlossenes Gemach von der Temperatur der Umgebung über einem wärmeren Zimmer, so kann man sich vorstellen, dass der obere Raum vorher vermöge offener Fenster und Thüren einen Theil der „freien Umgebung“ des unteren bildete, und die Veränderungen studiren, welche das Schliessen der Fenster und Thüren im Luftwechsel dieses Raumes selbst und im Luft-

wechsel des unter ihm befindlichen wärmeren Zimmers hervorbringt. Von der Dicke der horizontalen Trennungsschicht soll dabei abgesehen werden.

Zunächst ist klar, dass durch die Decke des unteren Zimmers, welche zugleich den Fussboden des oberen bildet, Luft aus dem unteren Zimmer in das obere einströmt, weil im Niveau der Decke ein Ueberdruck (p_2) gegen die freie Luft vorhanden ist (vergl. S. 8 Nr. 2) und die Luft des oberen Zimmers im ersten Moment nach Verschluss der Fenster und Thüren noch alle Eigenschaften der freien Luft besitzt.

Durch dieses Einströmen von Luft in das obere Zimmer wird daselbst die Luft verdichtet, gewinnt nach allen Seiten hin Ueberdruck (ϱ) über die äussere Luft und setzt auch dem Drucke, der die Luft von unten durch die Decke treibt, diesseits einen Gegendruck (ϱ) entgegen. Ein stationärer Zustand wird im oberen Zimmer dann eingetreten sein, wenn ϱ so gross geworden ist, dass eben so viel Luft, als durch den Fussboden einströmt, von dem Ueberdrucke ϱ durch die übrige Begrenzung hinausgetrieben wird.

Damit ist jedoch die Aufgabe noch nicht vollständig erklärt. Vielmehr besteht durch Vermittelung der porösen Scheidewand zwischen den über einander liegenden Zimmern eine so enge Beziehung, dass der Lnftwechsel des einen ohne den des anderen nicht verstanden werden kann.

Dadurch nämlich, dass im oberen Zimmer der Gegendruck ϱ entsteht, wird offenbar die aus dem unteren Zimmer durch die Decke abströmende Luftmenge vermindert und folglich die früher (bei allseitig freier Umgebung) im unteren Zimmer zwischen einströmender und abströmender Luft bestandene Gleichung gestört. Es wird sich als Ausdruck eines neuen stationären Zustandes eine neue Gleichung bilden, in welcher sich der geringeren Menge von abströmender Luft eine geringere Menge einströmender Luft gegenüberstellt. Damit dieses möglich wird, muss im unteren Zimmer der Ueberdruck p_0, den die äussere Luft am Boden über die innere besitzt, abnehmen, p_2 um eben so viel wachsen und folglich eine Verlegung der neutralen Zone nach unten eintreten.

Es gehe p_0 über in $p_0 - \gamma$, so muss p_2 auf $p_2 + \gamma$ anwachsen. damit die Summe (p) beider, welche nur von der Zimmerhöhe und den Temperaturen abhängt, constant bleibt. Die Gleichung für das untere Zimmer wird dann

$$f k_0 (p_0 - \gamma) + u h k_1 \frac{p_0 - \gamma}{2} = u(H - h) k_1 \frac{p_2 + \gamma}{2} + f k_2 (p_2 + \gamma - \varrho), \quad (1$$

wobei wie früher mit f der Flächeninhalt des Bodens sowie der Decke, mit u der Umfang derselben, mit H die Höhe des Zimmers, mit h die Höhe der neutralen Zone über dem Boden, ferner mit k_0 die Durchlässigkeit des Bodens, mit k_2 die Durchlässigkeit der Decke bezeichnet und für die ganze verticale Begrenzung eine mittlere Durchlässigkeit k_1 angenommen ist.

Die Gleichung des Luftwechsels für das obere Zimmer ist

$$f k_2 (p_2 + \gamma - \varrho) = \varrho (u H' k_5 + f k_6), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2$$

wobei k_5 die mittlere Durchlässigkeit der verticalen Begrenzung, k_6 die Durchlässigkeit der Zimmerdecke, H' die Höhe des oberen Zimmers bezeichnet. u, f, der Umfang und die Fläche des Bodens und der Decke, sind im oberen Zimmer eben so gross angenommen wie im unteren.

Aus diesen beiden Gleichungen kann man ϱ und γ berechnen. d. h. in ihrer Abhängigkeit von den Eigenthümlichkeiten der beiden Zimmer und deren Temperaturen (T, t) nachweisen. Bezeichnet man das Lüftungsvermögen ($f k_2 + f k_6 + u H' k_5$) des oberen Zimmers mit L', das des unteren mit L (vergl. S. 21) und setzt der Reihe nach l_0, l_1, l_2, l_5, l_6 für $f k_0$, $u H k_1$, $f k_2$, $u H' k_5$, $f k_6$, so dass

$$L = l_0 + l_1 + l_2$$
$$L' = l_2 + l_5 + l_6,$$

so wird aus der zweiten Gleichung

$$L' \varrho - l_2 \gamma = l_2 p_2. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (2a$$

Mit Benutzung der Proportion

$$\frac{h}{H} = \frac{p_0 - \gamma}{p}$$

kann die erste Gleichung umgeformt werden in

$$l_0 (p_0 - \gamma) + l_1 \frac{(p_0 - \gamma)^2}{2p} = l_1 \frac{(p_2 + \gamma)^2}{2p} + l_2 (p_2 + \gamma - \varrho)$$

und wegen $p_0 + p_2 = p$ in

$$l_0(p_0 - \gamma) + \frac{1}{2} l_1 (p_0 - p_2 - 2\gamma) = l_2(p_2 + \gamma - \varrho).$$

Subtrahirt man diese Gleichung von der auf normale Umstände bezüglichen

$$l_0 p_0 + \frac{1}{2} l_1 (p_0 - p_2) = l_2 p_2,$$

so erhält man

$$l_0\gamma + l_1\gamma = l_2(\varrho - \gamma)$$

oder

$$L\gamma = l_2\varrho. \quad \ldots\ldots\ldots \quad (1\text{a}$$

Aus (1a) und (2a) wird

$$\left.\begin{aligned} \varrho &= p_2 \frac{l_2 L}{L L' - l_2^2} \\ \gamma &= p_2 \frac{l_2^2}{L L' - l_2^2}, \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots \quad \text{F. 1}$$

worin noch der Werth von p_2, nämlich $p \dfrac{l_0 + \frac{1}{2} l_1}{L}$ substituirt werden kann, während p aus $H \cdot 1{,}293 \dfrac{B}{760} \cdot \dfrac{T - t}{270 + T + t}$ gefunden wird.

Der Luftwechsel des oberen (kalten) Zimmers ist gegeben durch

$$(W') = l_2(p_2 + \gamma - \varrho), \quad \ldots\ldots \quad \text{F. 2}$$

was durch den Fussboden aus dem unteren Zimmer kommt, oder auch durch

$$(W') = (l_5 + l_6)\varrho, \quad \ldots\ldots \quad \text{F. 2a}$$

was durch die verticale Begrenzung und die Decke ins Freie strömt.

Der Luftwechsel W des unteren (warmen) Zimmers besteht aus der Grösse $l_2(p_2 + \gamma - \varrho)$ (die durch die Decke abströmt) und aus der Luftmenge

$$l_1 \frac{(p_2 + \gamma)^2}{2p},$$

welche durch den oberen Theil der verticalen Begrenzung entweicht, so dass

$$W = l_2(p_2 + \gamma - \varrho) + l_1 \frac{(p_2 + \gamma)^2}{2p} \quad \ldots\ldots \quad \text{F. 3}$$

oder

$$W = l_0(p_0 - \gamma) + l_1 \frac{(p_0 - \gamma)^2}{2p}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad \text{F. 3a}$$

worin das erste Glied die durch den Fussboden, dass zweite Glied die durch den unteren Theil der verticalen Begrenzung einströmende Luftmenge bezeichnet.

Beispiel. Nehmen wir $k_0 = k_2 = k_3 = 5k_1$, $k_1 = k_5 = 1$, $H = H' = 3{,}6^m$, $u = 24^m$, $f = 35^{qm}$, so folgt $p_0 = p_2$. Ferner sei die Temperatur des unteren Zimmers 20^0 C., die des oberen und der Umgebung 0^0 C., so ist $p = 0{,}32$, $p_0 = 0{,}16$, $\gamma = 0{,}031^{mm}$ und $\varrho = 0{,}076^{mm}$.

Der Luftwechsel des unteren (warmen) Zimmers betrug vorher, bei freier Umgebung:

$$l_2 p_2 + l_1 \frac{p_2^2}{2p}$$

oder $31{,}5^{cbm}$.

Nach dem Schliessen der oberen Fenster und Herstellung des neuen stationären Zustandes beträgt er noch $24{,}9^{cbm}$.

Das obere kalte Zimmer erhält durch das unter ihm liegende warme einen Luftwechsel von

$$l_2(p_2 + \gamma - \varrho)$$

oder $20{,}1^{cbm}$, während, wenn das untere Zimmer ebenfalls kalt wäre, der Luftwechsel Null sein würde.

Durch Oeffnen der Fenster des oberen Zimmers steigert sich der Luftwechsel desselben von $20{,}1^{cbm}$ auf

$$l_2 p_2$$

oder $28{,}0^{cbm}$ und der des unteren Zimmers von 24,9 auf $31{,}5^{cbm}$.

Es lassen sich demnach, wenn die Dimensionen, Durchlässigkeiten und Temperaturen bekannt sind, alle den Luftwechsel beider Zimmer betreffenden Fragen beantworten.

Dabei ist die Voraussetzung gemacht, dass trotz der ansehnlichen Luftmengen, welche stündlich aus dem unteren Zimmer in das obere übergehen, dieses seine Temperatur (t) beharrlich beibehält. Erhöht sich die Temperatur des oberen Zimmers, so hat eine andere Betrachtung Platz zu greifen, welche für den Fall eines erreichten Beharrungszustandes weiter unten durchgeführt werden wird.

Die Voraussetzung constanter Temperatur wird wohl mit grösserem Rechte gemacht, wenn das kalte Zimmer unterhalb des wärmeren liegt, während letzteres eine Wärmequelle besitzt.

2) Befindet sich das warme Zimmer von der Temperatur T' über einem kalten von der Temperatur (t) der freien Umgebung, und schliesst man die vorher offenen Fenster des unteren Zimmers, so treten folgende Veränderungen ein:

Da die an der Decke des unteren Zimmers befindliche Luft zunächst noch die Spannung der äusseren besitzt, welche um p_4 grösser ist als die Spannung am Boden des oberen Zimmers, so geht ein Luftstrom durch die Decke des kalten Zimmers nach dem warmen. Dadurch nimmt die Dichtigkeit der Luft im unteren Zimmer ab, und ihre Spannung wird allenthalben (um γ) geringer als die der äusseren Luft.

In Folge dessen strömt sowohl durch den Boden als durch die gesammte verticale Begrenzung von aussen Luft in das kalte Zimmer. Ihre Menge ist

$$(l_0 + l_1)\gamma.$$

Diese Luftmenge strömt durch die Decke allein nach dem oberen Zimmer ab.

Die über dem Boden dieses Zimmers befindliche Luft besass vorher den Minderdruck p_4 gegenüber der unterhalb des Bodens befindlichen Luft. Dieser Minderdruck reducirt sich jetzt auf $p_4 - \gamma$, und es strömt somit durch den Boden des oberen Zimmers weniger Luft ein als vorher. Der stationäre Zustand stellt sich dadurch her, dass sich auch die Menge der abströmenden Luft vermindert, und diese Verminderung vollzieht sich dadurch, dass im oberen Zimmer die neutrale Zone nach oben rückt. Es wächst p_4 auf $p_4 + \varrho$ an, während p_6 um ϱ abnimmt, da die Summe beider $p' = p_4 + p_6$ constant bleibt.

Die Gleichungen des stationären Luftwechsels sind

1) für das untere (kalte) Zimmer:

$$(l_0 + l_1)\gamma = l_2(p_4 + \varrho - \gamma), \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (3$$

2) für das obere (warme) Zimmer:

$$l_2(p_4 + \varrho - \gamma) + l_3 \frac{(p_4 + \varrho)^2}{2p'} = l_5 \frac{(p_6 - \varrho)^2}{2p'} + l_6(p_6 - \varrho) \cdot \cdot \quad (4$$

Reducirt man mittelst $p_4 + p_6 = p'$, so folgt zunächst

$$l_2(p_4 + \varrho - \gamma) + \frac{1}{2} l_5 (p_4 - p_6 + 2\varrho) = l_6 (p_6 - \varrho),$$

woraus durch Anwendung der Gleichung des normalen Luftwechsels erhalten wird

$$L'\varrho = l_2 \gamma. \quad \ldots \ldots \ldots \quad (4$$

Da ausserdem noch

$$L\gamma - l_2 \varrho = l_2 p_4, \quad \ldots \ldots \ldots \quad (3a$$

so wird

$$\left.\begin{aligned} \varrho &= p_4 \frac{l_2^2}{LL' - l_2^2} \\ \gamma &= p_4 \frac{l_2 L'}{LL' - l_2^2}. \end{aligned}\right\} \quad \ldots \ldots \ldots \quad \text{F. 4}$$

Für p_4 kann sein Werth

$$p' \frac{l_6 + \frac{1}{2} l_5}{L'}$$

eingesetzt werden, wobei

$$p' = H' \cdot 1{,}293 \frac{B}{760} \cdot \frac{T' - t}{270 + T' + t}.$$

Die Formeln für den Luftwechsel im oberen Zimmer sind

$$W' = l_2(p_4 + \varrho - \gamma) + l_5 \frac{(p_4 + \varrho)^2}{2p}, \quad \ldots \quad \text{F. 5}$$

wobei das erste Glied die durch den Boden, das zweite die durch den unteren Theil der verticalen Begrenzung des oberen Zimmers aus dem Freien einströmende Luftmenge bezeichnet, oder

$$W' = l_5 \frac{(p_6 - \varrho)^2}{2p'} + l_6 (p_6 - \varrho), \quad \ldots \quad \text{F. 5a}$$

wobei das erste Glied die durch den oberen Theil der verticalen Begrenzung, das zweite die durch die Decke entweichende Luftmenge angiebt.

Im unteren Zimmer ist

$$(W) = l_2(p_4 + \varrho - \gamma) \quad \ldots \ldots \quad \text{F. 6}$$

die durch die Decke abströmende Menge, während

$$(W) = (l_0 + l_1)\gamma \quad \ldots \ldots \quad \text{F. 6a}$$

die aus dem Freien einströmende Menge bezeichnet.

3) Vergleicht man diese Resultate mit den in Nr. 1 erhaltenen, so ergiebt sich, dass p_2 durch p_1, L durch L' und γ durch ϱ ersetzt ist. Demnach liesse sich leicht eine gemeinschaftliche Lösung der beiden in 1) und 2) behandelten Aufgaben formuliren. Es scheint indessen nützlicher, auf den Unterschied aufmerksam zu machen, der in hygienischer Beziehung zwischen beiden Fällen bestehen kann.

Während der Bewohner eines geheizten Zimmers durch ein oberhalb liegendes, welches die Temperatur der freien Atmosphäre (oder eine davon wenig verschiedene Temperatur) hat, nur insofern geschädigt werden kann, als dasselbe den Luftwechsel des geheizten Zimmers etwas vermindert, kann ein kaltes Gemach, welches unterhalb eines geheizten liegt, dem Bewohner dieses Zimmers überdies dadurch nachtheilig werden, dass die gesammte (möglicherweise nicht unbeträchtliche) Luftmenge, welche aus dem kalten Zimmer abzieht, durch den Fussboden in das geheizte eindringt. Enthält das kalte Zimmer eine Ursache der Luftverschlechterung, so hat der darüber Wohnende, der sein Zimmer heizt und dadurch dem unteren Zimmer eine namhafte Ventilation verschafft, die Wirkung jener Ursache zu erwarten. In einem solchen Falle dürfte es für den oben Wohnenden rathsam sein, die Zwischenräume zwischen den Diehlen, welche den grössten Theil des unzuträglichen Luftwechsels vermitteln, luftdicht zu schliessen und sich behufs der Luftzufuhr eines besonderen mit der freien Luft communicirenden Canals zu bedienen. Ein solcher Canal wird am besten innerhalb der horizontalen Zwischenwand so angebracht, dass er einerseits ins Freie, andererseits in den Mantel des Ofens mündet.

4) Auf die Lösung des in Nr. 2 behandelten Problems lassen sich gute und einfache Methoden gründen, das Lüftungsvermögen eines Zimmers und seiner Begrenzungen zu bestimmen. Diese Methoden sind in allen Fällen anwendbar, wo sich über dem Versuchszimmer ein anderes von gleicher oder grösserer Bodenfläche befindet, welches geheizt werden kann.

a) Während bei Windstille das obere Zimmer auf eine möglichst hohe Temperatur gebracht wird, sucht man dem unteren durch Oeffnen aller Fenster und Thüren die Temperatur der äus-

seren Luft zu verschaffen und durch Oeffnen der Fenster und Thüren in etwa seitlich angrenzenden Localen eine freie Umgebung herzustellen.

Ist die Temperatur des oberen Zimmers nahe constant und die des unteren der Temperatur der äusseren Luft gleich geworden, so schliesst man im unteren Zimmer alle Fenster, Thüren und sonst vorhandenen nicht capillaren Oeffnungen (insbesondere die Ofenzuglöcher) und misst nun nach v. Pettenkofer's Methode den gesammten Luftwechsel $(W) = a$ des unteren Zimmers.

Zugleich beobachtet man mittelst des im kalten Zimmer aufgestellten Differentialmanometers an irgend einer Stelle der verticalen Wand den Ueberdruck (γ) der äusseren Luft über die innere und an einem durch die Zimmerdecke getriebenen eisernen Gasrohr den Ueberdruck

$$p_1 + \varrho - \gamma = b$$

der inneren Luft über die warme Luft, die sich am Boden des oberen Zimmers befindet. Diese Beobachtungen müssen während der Dauer des Versuches von Zeit zu Zeit wiederholt werden. Es geschieht dieses sehr einfach, indem man sowohl von dem inneren als von dem äusseren Niveau des Manometers einen kurzen Schlauch ableitet und diesen von Zeit zu Zeit mittelst eines Glasrohrs mit einem der beiden Schläuche zusammensteckt, welche nach den eisernen Rohrstücken führen.

Da
$$b\,l_2 = a,$$
so ergiebt sich aus diesen Beobachtungen sofort l_2, das Lüftungsvermögen der Decke.

Da ferner auch
$$\gamma(L - l_2) = a$$
und a, γ, l_2 bekannt sind, so erhält man L, das gesammte Lüftungsvermögen des Zimmers. Es ist jetzt noch übrig, die Grössen l_0 und l_1, deren Summe bekannt $(= L - l_2)$ ist, von einander zu trennen. Dieses gelingt durch Bestimmung der neutralen Zone des Zimmers, welche in der schon früher (S. 11) beschriebenen Weise durchgeführt werden kann.

Man misst nämlich zu einer Zeit, wo das untere Zimmer geheizt und in vollständig freier Umgebung ist (das obere Zimmer

ist nicht geheizt, und seine Fenster und Thüren sind offen), sowohl den am Boden bestehenden Ueberdruck (p_0), den die äussere Luft über die innere besitzt, als auch den an der Decke vorhandenen Ueberdruck (p_2) der inneren Luft über die äussere. Dadurch erhält man die linke Seite der Gleichung

$$\frac{p_0}{p_0 + p_2} = \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{L},$$

woraus die Unbekannte l_1 gefunden wird. Endlich ist $l_0 = L - l_2 - l_1$.

b) Das folgende Verfahren bietet den grossen Vortheil, dass der Versuch in wenigen Minuten vollendet und auf seinen Fehler leicht controlirt werden kann.

Ist das Versuchszimmer und dessen Umgebung wie vorhin vorbereitet und das obere geheizt, so misst man die Ueberdrücke $b = (p_1 + \varrho - \gamma)$ und γ, wodurch die Gleichung

$$b\, l_2 = \gamma (L - l_2)$$

erhalten wird, in welcher l_2 und L unbekannt sind.

Nun wird ein irgendwo in der verticalen Begrenzung oder im Boden des unteren Zimmers angebrachter Canal geöffnet (dazu können die kleinen Schalter gut benutzt werden, welche eine einzige Fensterscheibe enthalten), und es werden sowohl die in der Zeiteinheit durch den Canal strömende Luftmenge (m) als auch die beiden Ueberdrücke b', γ', welche beziehungsweise an der Decke und in der verticalen Begrenzung stattfinden, gemessen, wobei $b' > b$ und $\gamma' < \gamma$ ausfallen wird. Dadurch erhält man die zweite Gleichung

$$b' l_2 = \gamma' (L - l_2) + m.$$

Multiplicirt man die erste Gleichung mit γ', die zweite mit γ und subtrahirt, so erhält man

$$l_2 b' \gamma - l_2 b \gamma' = m \gamma$$

oder

$$l_2 = \frac{m \gamma}{\gamma b' - \gamma' b}$$

und

$$L = \frac{m (\gamma + b)}{\gamma b' - \gamma' b}.$$

Das Uebrige kann durch Bestimmung der neutralen Zone des unteren Zimmers gefunden werden wie vorhin.

Man erreicht denselben Zweck, wenn man einen durch die Decke führenden Canal öffnet, wodurch γ gesteigert wird und b abnimmt. Doch dürften solche Canäle seltener zu Gebote stehen[1].

c) Mit den unter b) beschriebenen Versuchen lässt sich leicht die Bestimmung der Durchlässigkeiten des oberen Zimmers verbinden, da die Durchlässigkeit l_2 seines Fussbodens schon bekannt ist.

Zu diesem Zweck misst man die Temperatur (T') des oberen Zimmers zu der Zeit, wo unten die Ueberdrücke b und γ beobachtet werden, und erhält dann $p' = p_4 + p_6$ aus der Formel

$$p' = H' \cdot 1{,}293 \frac{B}{760} \cdot \frac{T' - t}{270 + T' + t};$$

der berechnete Werth von p' wird in die Gleichung

$$\gamma = p' \frac{l_2 (L' - l_2 - \frac{1}{2} l_5)}{L L' - l_2^2};$$

eingesetzt, in welcher nur L' und l_5 unbekannt sind.

Die unter normalen Umständen (bei allseitig freier Umgebung des oberen Zimmers) ausgeführte Bestimmung der neutralen Zone giebt einen Werth (ζ) für die linke Seite der Gleichung

$$\frac{p_6}{p_4 + p_6} = \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_5}{L'},$$

in welcher dieselben beiden Unbekannten L' und l_5 vorkommen.

Aus

$$\gamma = p' \frac{l_2 (L' - l_2 - \frac{1}{2} l_5)}{L L' - l_2^2}$$

und

$$\zeta = \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_5}{L'}$$

folgt

$$L' = \frac{l_2^2 \gamma}{L \gamma - (1 - \zeta) p' l_2},$$

$$l_5 = 2 (L' \zeta - l_2).$$

Endlich ist

$$l_6 = L' - (l_2 + l_5).$$

---

1) In einem Anhang sind Versuche, welche nach einer ähnlichen Methode durchgeführt wurden, ausführlich beschrieben.

II.

1. **Haben zwei Zimmer, von welchen das eine über dem anderen liegt, höhere Temperaturen als die freie Luft**, welche die ganze Combination umgiebt, so lässt sich der Luftwechsel dieser Zimmer ebenfalls nach den im vorigen Abschnitt angewandten Principien bestimmen.

Die Temperatur des oberen Zimmers sei constant T', die des unteren T, beide grösser als die constante Temperatur t der Umgebung.

Die Lüftungsvermögen der beiden Zimmer sollen wie bisher mit L und L', die der einzelnen Begrenzungen in ihrer Reihenfolge von unten nach oben mit den Buchstaben l_0, l_1, l_2, l_5, l_6 bezeichnet werden, wobei die geraden Indices sich auf die drei horizontalen, die ungeraden auf die zwei verticalen Begrenzungen beziehen. Die Ueberdrücke, welche am Boden und an der Decke der beiden Zimmer unter normalen Umständen stattfinden, werden durch p_0, p_2, p_4, p_6 ausgedrückt, ferner $p_0 + p_2 = p$, $p_4 + p_6 = p'$ gesetzt, so dass $H\frac{p_0}{p} = h$, $H'\frac{p_4}{p'} = h'$ die normalen Höhen der beiden neutralen Zonen über dem Fussboden bezeichnen und die Gleichungen

$$\left.\begin{aligned} \frac{p_0}{p} &= \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{L} \\ \frac{p_4}{p'} &= \frac{l_6 + \frac{1}{2} l_5}{L'} \end{aligned}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad (n$$

Geltung haben.

Zu beiden Seiten der Trennungsfläche (l_2) beider Zimmer bestehen, wenn man durch Aufeinanderstellen der Zimmer die normalen Umstände eben erst beseitigt denkt, Ueberdrücke p_2 und p_4, von welchen p_2 der im unteren Zimmer bestehende Ueberdruck der inneren Luft über die äussere, p_4 der im Niveau des Fussbodens des oberen Zimmers bestehende Ueberdruck der äusseren Luft über die innere ist.

Demnach besitzt (bei Vernachlässigung der Dicke der Zwischenschicht) die Luft unterhalb der Trennungsfläche zunächst den Ueberdruck $p_3 + p_4$ über die oberhalb derselben Fläche befindliche Luft, und es strömt nun in das obere Zimmer mehr Luft ein als vorher, wo dasselbe in freier Umgebung war. Die nächste Folge ist, dass dieses Zimmer einem neuen Beharrungszustande zustrebt, in welchem auch mehr Luft ausströmt. Dieses kann aber nur dadurch geschehen, dass der Druck p_6 zunimmt. Die Zunahme von p_6 (um ϱ) hat eine Abnahme von p_4 um denselben Betrag zur Folge, weil die Summe $p' = p_4 + p_6$, welche nur von der Zimmerhöhe und den Temperaturen abhängt, constant bleibt. Somit geht p_6 in $p_6 + \varrho$ und p_4 in $p_4 - \varrho$ über, und die neutrale Zone, die vorher in der Höhe $h' = \frac{p_4}{p'} H'$ lag, rückt nun abwärts, der Trennungsfläche näher, in die Höhe $\frac{p_4 - \varrho}{p'} H'$.

Im unteren Zimmer muss, weil nun durch die Decke mehr Luft als vorhin ausströmt, auch die einströmende Menge wachsen. Es wächst demnach p_0 (um γ), und um eben so viel muss p_2 abnehmen. Die neutrale Zone rückt aufwärts der Trennungsfläche näher und liegt schliesslich in der Höhe

$$\frac{p_0 + \gamma}{p} H.$$

Die Grössen ϱ und γ können bestimmt werden aus den beiden Gleichungen des Luftwechsels

$$l_0(p_0 + \gamma) + \frac{1}{2} l_1 \frac{(p_0 + \gamma)^2}{p} = \frac{1}{2} l_1 \frac{(p_2 - \gamma)^2}{p} + l_2[p_2 + p_4 - (\gamma + \varrho)] \quad (5$$

$$l_2[p_2 + p_4 - (\gamma + \varrho)] + \frac{1}{2} l_5 \frac{(p_4 - \varrho)^2}{p'} = \frac{1}{2} l_5 \frac{(p_6 + \varrho)^2}{p'} + l_6(p_6 + \varrho), \quad (6$$

welche man zu diesem Zweck mit Hilfe von $p_0 + p_2 = p$, $p_4 + p_6 = p'$ in die einfacheren Formen

$$(p_0 + \gamma) l_0 + \frac{1}{2} l_1 (p_0 - p_2 + 2\gamma) = l_2[p_2 + p_4 - (\gamma + \varrho)] \quad (5a$$

$$l_2[p_2 + p_4 - (\gamma + \varrho)] + \frac{1}{2} l_5 (p_4 - p_6 - 2\varrho) = l_6(p_6 + \varrho) \quad (6a$$

überführen kann.

Da auch gilt

$$\left.\begin{array}{l} l_0 p_0 + \frac{1}{2} l_1 (p_0 - p_2) = l_2 p_2 \\ l_2 p_4 + \frac{1}{2} l_5 (p_4 - p_6) = l_6 p_6, \end{array}\right\} \text{Gleichungen des normalen Luftwechsels}$$

so erhält man noch einfacher

$$l_0 \gamma + l_1 \gamma = l_2 [p_4 - (\gamma + \varrho)]$$
$$l_2 [p_2 - (\gamma + \varrho)] - l_5 \varrho = l_6 \varrho$$

und hieraus

$$L\gamma + l_2 \varrho = l_2 p_4 \quad \ldots\ldots\ldots \quad (5b$$
$$l_2 \gamma + L' \varrho = l_2 p_2, \quad \ldots\ldots\ldots \quad (6b$$

wodurch

$$\left.\begin{array}{l} \varrho = \dfrac{l_2 (L p_2 - l_2 p_4)}{L' L - l_2^2} \\ \gamma = \dfrac{l_2 (L' p_4 - l_2 p_2)}{L' L - l_2^2} \end{array}\right\} \quad \ldots\ldots\ldots \quad \text{F. 7}$$

wird.

Für die Berechnung des Luftwechsels beider Zimmer dürften die Formeln

$$W' = l_2 [p_2 + p_4 - (\gamma + \varrho)] + \frac{1}{2} l_5 \frac{(p_4 - \varrho)^2}{p'} \quad \ldots \quad \text{F. 8}$$

(Einströmung in das obere Zimmer)

$$W = l_2 [p_2 + p_4 - (\gamma + \varrho)] + \frac{1}{2} l_1 \frac{(p_2 - \gamma)^2}{p} \quad \ldots \quad \text{F. 9}$$

(Ausströmung aus dem unteren Zimmer)

am bequemsten sein.

Ausserdem gilt auch

$$W' = l_6 (p_6 + \varrho) + l_5 \frac{(p_6 - \varrho)^2}{2p'} \quad \ldots\ldots \quad \text{F. 8a}$$

(Ausströmung aus dem oberen Zimmer)

$$W = l_0 (p_0 + \gamma) + l_1 \frac{(p_0 + \gamma)^2}{2p} \quad \ldots\ldots \quad \text{F. 9a}$$

(Einströmung in das untere Zimmer)

In diesen Formeln stellen die ersten Glieder die Luftmengen dar, welche durch die horizontalen Wände gehen; die zweiten Glieder geben, was durch den jedesmal angrenzenden Theil der verticalen Begrenzung strömt.

Die Discontinuität in der Richtung der Wände verursacht indessen hinsichtlich der Anwendung dieser Formeln eine Ausnahme. Ist $p_2 L < l_2 p_1$, was auch bei wenig verschiedenen Durchlässigkeiten beider Zimmer dann vorkommen kann, wenn die Temperatur des oberen Zimmers viel höher ist als die des unteren, so ist $p_2 - \gamma$ negativ $p_0 + \gamma > p$ und somit die neutrale Zone, welcher das zweite Glied des Luftwechsels seine Existenz verdankt, aus dem unteren Zimmer verschwunden. Es betheiligt sich in Folge des übermässigen Ansaugens, welches von Seiten des oberen Zimmers erfolgt, ausser dem Boden des unteren Zimmers auch noch dessen gesammte verticale Begrenzung am Einlassen der Luft, die durch die Decke allein nach dem oberen Zimmer abströmt. Somit verschwindet in diesem Falle das zweite Glied aus der Formel W' des unteren Luftwechsels, und dieser ist auf das erste Glied

$$l_2[p_2 + p_1 - (\gamma + \varrho)],$$

welches die durch die Decke nach oben strömende Luftmenge giebt, beschränkt.

Analoges tritt im oberen Zimmer ein, wenn

$$p_1 L' < l_2 p_2,$$

also bei wenig verschiedenen Durchlässigkeiten die Temperatur des unteren Zimmers bedeutend höher ist. Die Decke und die ganze verticale Wand des oberen Zimmers lassen dann Luft hinaus, während die Einströmung durch den Fussboden allein stattfindet. Die Formel W'' des Luftwechsels reducirt sich dann auf das erste Glied

$$l_2[p_2 + p_1 - (\gamma + \varrho)].$$

Der Beweis für die Richtigkeit der eben aufgestellten Behauptungen wird dadurch geführt, dass man die Giltigkeit der aus den Formeln (F. 7) berechneten Werthe von γ und ϱ auch für den Fall nachweist, dass die neutrale Zone, deren Existenz bei Aufstellung der Gleichungen (5) und (6) vorausgesetzt wurde, in einem der beiden Zimmer nicht mehr vorhanden ist.

Fehlt die neutrale Zone im unteren Zimmer, so erhält man die durch dessen verticale Begrenzung einströmende Luftmenge, wenn man l_1 mit dem arithmetischen Mittel der am unteren und

oberen Ende bestehenden Ueberdrücke (der äusseren Luft über die innere) multiplicirt. Demnach wird die Gleichung des Luftwechsels im unteren Zimmer

$$l_0(p_0 + \gamma') + l_1 \frac{(p_0 + \gamma') + (\gamma' - p_2)}{2} = l_2[p_2 + p_4 - (\gamma' + \varrho')]$$

und im oberen

$$l_2[p_2 + p_4 - (\gamma' + \varrho')] + \frac{1}{2} l_3 \frac{(p_4 - \varrho')^2}{p'} = \frac{1}{2} l_5 \frac{(p_6 + \varrho')^2}{p} + l_6(p_6 + \varrho').$$

Da die erste dieser beiden Gleichungen mit (5 a), die zweite mit (6) identisch wird, wenn man γ', ϱ' durch γ, ϱ ersetzt, so ergeben sich für die hier angenommenen Ergänzungen γ', ϱ' die oben für γ und ϱ abgeleiteten Werthe.

Stellt man die Gleichungen des Luftwechsels für den Fall auf, dass im oberen Zimmer die neutrale Zone fehlt, so kommt man auf die Gleichungen (5) und (6 a), also ebenfalls auf die Formeln (F. 7), was zu beweisen war.

2. Discussion der Formeln des Luftwechsels.

Die Ungleichungen

$$L p_2 < l_2 p_4$$
$$l_2 p_2 > L' p_4$$

sind auch entscheidend für Beantwortung der Frage, ob eines der beiden Zimmer bei der angenommenen gegenseitigen Lage grösseren oder kleineren Luftwechsel hat als bei vollständig freier Umgebung.

Vergleicht man nämlich die oben mit (F. 8 a) und (F. 9 a) bezeichneten Formeln mit denen des vollständig freien Luftwechsels

$$l_0 p_0 + \frac{1}{2} l_1 \frac{p_0^2}{p},$$

$$l_6 p_6 + \frac{1}{2} l_5 \frac{p_6^2}{p},$$

so folgt, dass der modificirte Luftwechsel dem freien gegenüber gesteigert oder vermindert ist, je nachdem die Druckänderungen ϱ, γ positiv oder negativ ausfallen.

Bei einer Untersuchung über die Vorzeichen von ϱ und γ ist zu beachten, dass die Grössen L, L' nur positiv sein können und dass auch der Nenner $LL'-l_2^2$ immer positiv ist, weil l_2^2 nur ein Glied der Entwickelung von LL' bildet, welche aus lauter positiven Gliedern besteht. Was endlich die Grössen p_2 und p_4 betrifft, so stellen sie diejenigen Ueberdrücke dar, welche unter normalen Umständen in dem unteren Zimmer an der Decke, im oberen am Fussboden bestehen, und haben daher, wenn sie positiv sind, insofern entgegengesetzten Sinn, als p_2 einen Ueberdruck der inneren Luft über die äussere, p_4 einen Ueberdruck der äusseren Luft über die innere bezeichnet. Diese Grössen sind von den Temperaturen, Dimensionen und Durchlässigkeiten abhängig, wie in der ersten Abhandlung (S. 13) nachgewiesen ist, und so lange beide Zimmer höhere Temperatur als ihre Umgebung haben, immer positiv.

Somit ist ϱ positiv und der Luftwechsel des oberen Zimmers gesteigert, so lange

$$Lp_2 > l_2 p_4;$$

hingegen ist ϱ negativ und der Luftwechsel oben vermindert, wenn

$$Lp_2 < l_2 p_4.$$

Da andererseits γ negativ, Null oder positiv wird, je nachdem

$$L'p_4 \lesseqgtr l_2 p_2,$$

so ist der Luftwechsel des unteren Zimmers, je nachdem eine dieser Beziehungen stattfindet, kleiner, eben so gross oder grösser als bei vollständig freier Umgebung.

Man kann demnach (mit Rücksicht auf S. 46) die Antwort auf die gestellte Frage auch in folgender Form geben: Liegt ein Zimmer so über einem anderen, dass die Decke des einen zugleich den Fussboden des anderen bildet, und haben beide Zimmer höhere Temperatur als die freie Umgebung, so ist der Luftwechsel in einem dieser Zimmer grösser, eben so gross oder kleiner als bei allseitig freier Umgebung desselben, je nachdem im anderen Zimmer die neutrale Zone innerhalb der verticalen Wand, an deren Grenze, oder ausserhalb derselben liegt.

Ferner erkennt man, dass nie in beiden Zimmern zugleich der Luftwechsel dem freien gleich oder geringer als dieser sein kann. Denn aus

$$Lp_2 \overset{=}{<} l_2 p_4$$

folgt

$$L' p_4 > l_2 p_2,$$

und aus

$$L' p_4 \overset{=}{<} l_2 p_2$$

folgt

$$L p_2 > l_2 p_4.$$

Wohl aber kann der Luftwechsel in beiden Zimmern zugleich gesteigert sein.

Stellt man alle Fälle zusammen, so erhält man folgende Uebersicht:

Liegt p_2 zwischen $\frac{l_2}{L} p_4$ und $\frac{L'}{l_2} p_4$, so ist der Luftwechsel in beiden Zimmern gesteigert. Bleibt p_2 unter dem Werthe $\frac{l_2}{L} p_4$, so ist der Luftwechsel des unteren Zimmers gesteigert, der des oberen vermindert. Geht p_2 über $\frac{L'}{l_2} p_4$ hinaus, so ist der Luftwechsel des oberen Zimmers gesteigert, der des unteren vermindert.

Aus den Gleichungen

$$p_2 = \frac{l_2}{L} p_4$$

$$p_2 = \frac{L'}{l_2} p_4$$

kann man die beiden Grenztemperaturen berechnen, bei welchen ein Wechsel in dem allgemeinen Grössenverhältniss des freien zu dem durch gegenseitige Beeinflussung der Zimmer veränderten Luftwechsel eintritt.

Diese Gleichungen lassen sich mit Hilfe der Gleichungen (n) umformen in

$$p = p' \frac{l_2 (l_6 + \frac{1}{2} l_5)}{L' (l_0 + \frac{1}{2} l_1)}$$

$$p = p' \frac{L(l_6 + \frac{1}{2} l_5)}{l_2 (l_0 + \frac{1}{2} l_1)}$$

und gehen durch Substitution für p und p' über in

$$H \frac{T - t}{270 + T - t} = H' \frac{T - t}{270 + T' + t} \cdot \frac{l_2 (l_6 + \frac{1}{2} l_5)}{L' (l_0 + \frac{1}{2} l_1)}$$

$$H \frac{T - t}{270 + T + t} = H' \frac{T' - t}{270 + T' + t} \cdot \frac{L (l_6 + \frac{1}{2} l_5)}{l_2 (l_0 + \frac{1}{2} l_1)}.$$

Nimmt man hier T' als gegeben an, so findet man zwei Werthe für $T (T_0 < \Theta)$, welche das Temperaturintervall begrenzen, innerhalb dessen der Luftwechsel beider Zimmer gesteigert ist. Ist $T < T_0$, so ist der Luftwechsel des unteren Zimmers dem freien gegenüber vermindert.

Umgekehrt kann man T als gegeben betrachten und die entsprechenden Grenzwerthe von $T' (T'_0 < \Theta')$ berechnen.

Beispiel. Nimmt man den früheren Angaben gemäss $l_6 = l_2 = l_0$, $l_5 = l_1$, $l_2 = 5 \cdot 35$, $l_1 = 24 \cdot 3{,}6$, $H = H' = 3{,}6$, $t = 0$, T' constant und gleich 20° C., so muss, damit der Luftwechsel des oberen Zimmers grösser wird als bei freier Umgebung, die Temperatur des unteren Zimmers 7,7° C. überschreiten.

Das untere Zimmer hat, während seine Temperatur von 0° C. an wächst, gesteigerten Luftwechsel, bis dieselbe 56,1° C. überschreitet. Von da an bildet das obere Zimmer ein Hinderniss für den Luftwechsel des unteren.

Wenn die Temperatur des oberen Zimmers constant 20° ist und die des unteren zwischen 7,7° und 56,1° liegt, haben beide Zimmer grösseren Luftwechsel als bei freier Umgebung.

Ist z. B. die Temperatur des unteren Zimmers ebenfalls 20°, so berechnet sich der Luftwechsel in jedem der beiden Zimmer zu 41,8 cbm, während derselbe nur 31,5 cbm betrüge, wenn jedes der beiden Zimmer durchaus von freier Luft umgeben wäre.

Vom hygienischen Standpunkt ist zu diesen Resultaten Aehnliches zu bemerken wie in (I.). Sind beide Zimmer bewohnt, so zieht nur das untere wirklichen Nutzen aus der Steigerung des Luftwechsels, welche durch Heizen des oberen bewirkt wird. Das obere hingegen verliert bei derjenigen Steigerung seines Luftwechsels, welche durch Heizen des unteren Zimmers hervorgebracht wird, einen Theil der vortheilhaften Strömung, welche ihm durch den unteren Theil der verticalen Wände Luft aus dem Freien zuführte, während der Strom verbrauchter Luft, der durch den Fussboden aus dem unteren Zimmer eindringt, um mehr als jenen Verlust anwächst. Es sind somit auch an dieser Stelle, also für den im Winter bei weitem häufigsten Falle, dem oben Wohnenden die in (I.) angegebenen Maassregeln zu empfehlen.

Zusammenstellung

der Formeln, welche zur Berechnung des Luftwechsels zweier Zimmer dienen, deren eines über dem anderen liegt.

1. Oberes Zimmer.

a) Wenn

$$p_2 < \frac{L'}{l_2} p_4 ,$$

Einströmung durch den Boden:

$$l_2 [p_4 + p_2 - (\varrho + \gamma)].$$

Einströmung durch die verticalen Wände:

$$l_5 \frac{(p_4 - \varrho)^2}{2p'}.$$

Ausströmung durch die verticalen Wände:

$$l_5 \frac{(p_6 + \varrho)^2}{2p'}.$$

Ausströmung durch die Decke:

$$l_6 (p_6 + \varrho).$$

b) Wenn

$$p_2 > \frac{L'}{l_2} p_4 ,$$

Einströmung durch den Boden:

$$l_2 [p_4 + p_2 - (\varrho + \gamma)].$$

Einströmung durch die verticalen Wände:

Null.

Ausströmung durch die verticalen Wände:

$$\frac{1}{2} l_5 (p_6 - p_4 + 2\varrho).$$

Ausströmung durch die Decke:

$$l_6 (p_6 + \varrho).$$

2. Unteres Zimmer.

a) Wenn

$$p_2 > \frac{l_2}{L} p_4,$$

Einströmung durch den Boden:

$$l_0 (p_0 + \gamma).$$

Einströmung durch die verticalen Wände:

$$l_1 \frac{(p_0 + \gamma)^2}{2p}.$$

Ausströmung durch die verticalen Wände:

$$l_1 \frac{(p_2 - \gamma)^2}{2p}.$$

Ausströmung durch die Decke:

$$l_2 [p_4 + p_2 - (\varrho + \gamma)].$$

b) Wenn

$$p_2 < \frac{l_2}{L} p_4,$$

Einströmung durch den Boden:

$$l_0 (p_0 + \gamma).$$

Einströmung durch die verticalen Wände:

$$\frac{1}{2} l_1 (p_0 - p_2 + 2\gamma).$$

Ausströmung durch die verticalen Wände:

Null.

Ausströmung durch die Decke:

$$l_2 [p_4 + p_2 - (\varrho + \gamma)].$$

Hierzu kommt:

$$\varrho = \frac{l_2(Lp_2 - l_2 p_4)}{LL' - l_2^2}$$

$$\gamma = \frac{l_2(L'p_4 - l_2 p_2}{LL' - l_2^2}$$

$$p_2 = p\,\frac{l_0 + \frac{1}{2}l_1}{L}\,; \quad p_0 = p\,\frac{l_2 + \frac{1}{2}l_1}{L}$$

$$p_4 = p'\,\frac{l_6 + \frac{1}{2}l_5}{L'}\,; \quad p_6 = p'\,\frac{l_2 + \frac{1}{2}l_5}{L'}.$$

$$p = H \cdot 1{,}293\,\frac{B}{760}\cdot\frac{T - t}{270 + T + t}$$

$$p' = H' \cdot 1{,}293\,\frac{B}{760}\cdot\frac{T' - t}{270 + T' + t}.$$

III.

Verallgemeinerung der Resultate.

Es sollen nun die Bedingungen angegeben werden, unter denen die im zweiten Theil (II.) erhaltenen Formeln für die übrigen Fälle gelten, welche durch Abänderung der Beziehungen zwischen den drei Temperaturen T', T, t combinirt werden können.

1) Die früher (in I.) behandelten Aufgaben, wo eines der beiden Zimmer die Temperatur der Umgebung hat, das andere aber eine höhere Temperatur, sind unbedingt besondere Fälle von (II.). Je nachdem das untere oder das obere Zimmer das kältere ist, wird $T = t$ oder $T = t$, und da im ersten Fall wegen

$$p = 0,\ p_2 = 0,$$

$$p_2 < \frac{l_2}{L}p_4 \text{ und } p_2 < \frac{L'}{l_2}p_4 \text{ ist,}$$

im zweiten Fall wegen

$$p' = 0,\ p_4 = 0$$

$$p_2 > \frac{L'}{l_2}p_4 \text{ und } p_2 > \frac{l_2}{L}p_4,$$

so gilt für das Zimmer, welches die Temperatur der Umgebung hat, der in der Zusammenstellung (S. 51 ff. unter b) verzeichnete, für das wärmere der unter a) aufgeführte Luftwechsel.

2) Sind beide Zimmer kälter als die Umgebung, so sind ebenfalls sämmtliche Formeln unbedingt zulässig. Da $T < t$ und $T' < t$, werden sämmtliche Ueberdrücke negativ, und auch die Veränderungen derselben (ϱ, γ) wechseln ihr Vorzeichen. Die Luftwechsel erscheinen mit negativem Vorzeichen, was auf den thatsächlich eingetretenen Wechsel in der Richtung der Luftströmungen hinweist.

In den Ungleichungen, welche zwischen den Formeln des Luftwechsels entscheiden, sind die absoluten Werthe der Ueberdrücke p_2 und p_4 anzuwenden.

3) Hat eines der beiden Zimmer die Temperatur der Umgebung, während das andere kälter ist, so sind ebenfalls sämmtliche Formeln unbedingt anwendbar, und zwar gelten aus analogen Gründen wie in 1) für das Zimmer, welches die Temperatur der Umgebung hat, die unter b) vorgetragenen Formeln, hingegen für das kältere die unter a) eingesetzten.

4) Zuletzt ist noch denkbar, dass das eine Zimmer kälter, das andere wärmer als die Umgebung ist. Dieser Fall soll besonders erklärt werden.

Ist das obere Zimmer wärmer, so ist zu beiden Seiten der horizontalen Trennungsschicht der Luftdruck geringer als im gleichen Niveau der Umgebung, und es ist zunächst sowohl für die Richtung als für die Menge der durch die Zwischenschicht strömenden Luft die Differenz der beiden Minderdrücke (p_2 und p_4) maassgebend. Ist (absolut) $p_2 > p_4$, so wirkt der geringere Minderdruck (p_4) dem grösseren Minderdruck (p_2) gegenüber als Ueberdruck, und es geht die Luft durch die Decke von oben nach unten; hingegen strömt sie von unten nach oben, wenn $p_2 < p_4$ ist.

Da nun bei vollständig freier Umgebung beider Zimmer die Luft sowohl durch den Boden in das obere Zimmer als durch die Decke in das untere einströmen würde, beides zugleich aber bei der Combination der Zimmer unmöglich ist, so ist in einem der beiden Zimmer der Luftwechsel abnorm. Die neutrale Zone scheidet

hier die Flächen nicht mehr in einlassende und hinauslassende, sondern es liegen auf derselben Seite der neutralen Zone Flächen, welche sich in entgegengesetztem Sinne am Luftwechsel betheiligen.

Analoge Erwägungen führen zu dem allgemeinen Resultat, dass der stationäre Luftwechsel in demjenigen der beiden Zimmer dem freien ähnlich ist, in welchem, zunächst der Zwischenschicht, der grössere Ueberdruck oder Minderdruck besteht.

Also in dem oberen, wenn dem absoluten Zahlenwerthe nach

$$p_4 - \varrho > p_2 - \gamma,$$

und in dem unteren, wenn umgekehrt

$$p_2 - \gamma > p_4 - \varrho.$$

Dieser dem normalen ähnliche Luftwechsel wird durch die in der Zusammenstellung (S. 51 ff.) unter a) gegebenen Formeln ausgedrückt. Denn da in diesem Falle der Luftstrom durch die Zwischenschicht immer schwächer ist als bei freier Umgebung, so hat im oberen Zimmer $(-\varrho)$ mit p_4, im unteren $(-\gamma)$ mit p_2 gleiches Vorzeichen, und es kann nicht vorkommen, dass $p_4 - \varrho$ oder $p_2 - \gamma$ Null oder negativ werden. Auch bleibt nothwendig $p_4 - \varrho < p'$ und $p_2 - \gamma < p$, da ausserdem nur eine Art der Strömung im Zimmer stattfinden würde.

Auch der abnorme Luftwechsel des anderen Zimmers ist durch die Formeln der Zusammenstellung (S. 51 ff.) gegeben, und zwar durch die unter a) vorgetragenen, wenn (absolut)

$$p_4 - \varrho < p'$$

beziehungsweise

$$p_2 - \gamma < p,$$

hingegen durch die Formeln b), wenn (absolut)

$$p_4 - \varrho > p'$$

beziehungsweise

$$p_2 - \gamma > p.$$

Man sieht, dass für die Wahl der Formeln die Erwägung, ob der Luftwechsel normal oder abnorm ist, nicht entscheidet, sondern dass man sich auf Beachtung der zuletzt angeschriebenen vier Ungleichungen beschränken kann.

Bei allen Uebertragungen der Formeln (Zusammenstellung S. 51 ff.) auf Fälle, für welche sie nicht direct abgeleitet sind, ist

zu beachten, dass, so oft ein Glied des Luftwechsels negativ ausfällt, die Art der Strömung der in der Ueberschrift angegebenen entgegengesetzt ist, also Einströmung durch Ausströmung und umgekehrt ersetzt werden muss.

Beispiel. Gelten für die beiden Zimmer die den früheren Rechnungen zu Grunde gelegten Annahmen:

$$l_0 = l_2 = l_6 = 175,\ l_1 = l_5 = 86{,}4,\ H = H' = 3{,}6,\ T' = 20^0,$$
$$t = 0^0,\ \text{aber}\ T = -10^0,$$

so ist (der Barometerstand = 760^{mm} vorausgesetzt)

$$p' = 0{,}32,\ p_4 = p_6 = 0{,}16$$
$$p = -0{,}176,\ p_0 = p_2 = -0{,}088$$
$$\varrho = -0{,}073$$
$$\gamma = +0{,}093.$$

Da dem absoluten Zahlenwerthe nach

$$p_2 - \gamma < p_4 - \varrho,$$

so geht der Strom durch die Decke aufwärts, und der dem freien ähnliche Luftwechsel des oberen Zimmers kann nach der Formel 1. a).

$$W' = l_5 \frac{(p_4 - \varrho)^2}{2p'} + l_2 [p_4 + p_2 - (\varrho + \gamma)]$$

berechnet werden. Man findet 16,3^{cbm} für diese Einströmung, also bedeutend weniger als bei freier Umgebung, wo sie 31,5^{cbm} betragen würde.

Sucht man den Luftwechsel des unteren Zimmers, so erkennt man zunächst, dass (absolut)

$$p_2 - \gamma > p$$

(nämlich 0,181 > 0,176) und mithin zur Berechnung des Luftwechsels die Formeln 2. b) dienen.

Man erhält

$$l_0 (p_0 - \gamma) = 175 \cdot 0{,}005$$

oder 0,875^{cbm} für die Einströmung durch den Boden,

$$\frac{1}{2} l_1 (p_0 - p_2 + 2\gamma) = 86{,}4 \cdot 0{,}093$$

oder 8,035^{cbm} für die Einströmung durch die verticalen Wände.

Diese 8,9 ^{cbm} strömen durch die Decke aus, was man durch Berechnung der Formel

$$l_2[p_4 + p_2 - (\varrho + \gamma)] = 175 \cdot 0{,}052,$$

in den ganzen Cubikmetern übereinstimmend, ebenfalls findet.

Bei freier Umgebung würde der Luftwechsel des unteren Zimmers 17,3 ^{cbm} betragen haben.

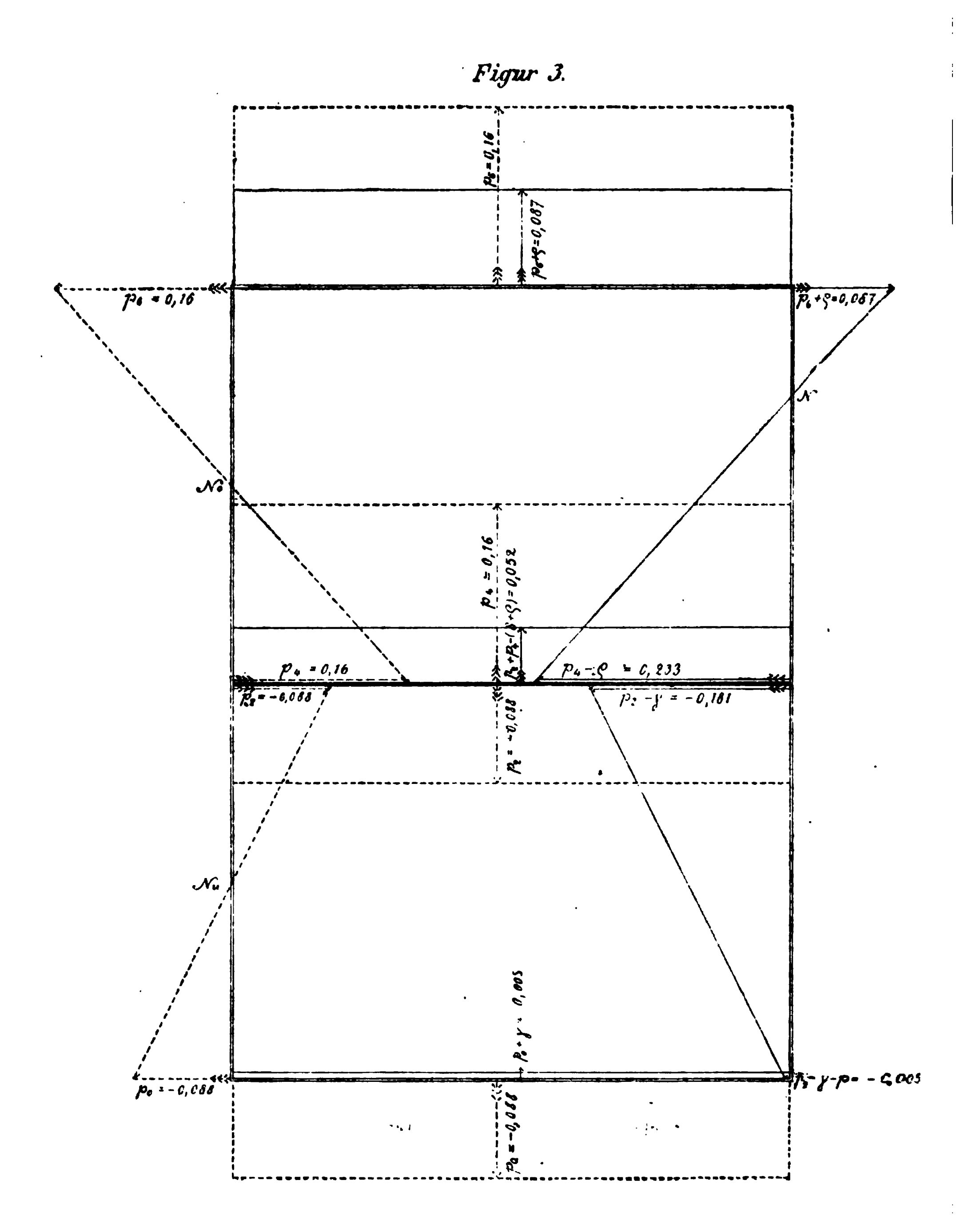
Die starken Veränderungen, welche in dem berechneten Beispiel durch gegenseitige Einwirkung der beiden Zimmer entstehen, machen dasselbe besonders instructiv.

Die umstehende Figur (Fig. 3) giebt eine graphische Darstellung der Druckvertheilung, welche aus den der Rechnung zu Grunde liegenden Angaben folgt. Die Begrenzung der Zimmer ist durch Doppelstriche angegeben. Durch die punktirten Linien sind diejenigen Ueberdrücke begrenzt, welche bei vollständig freier Umgebung in jedem einzelnen Zimmer den Luftwechsel bewirken würden. Die einfach ausgezogenen Linien begrenzen die Ueberdrücke, welche sich entwickelt haben, nachdem die Combination beider Zimmer einen Beharrungszustand erreicht hat.

Im unteren Zimmer fehlt schliesslich die neutrale Zone, welche vorher bei N_u lag, und es strömt sowohl durch die ganze verticale Begrenzung (unter dem mittleren Ueberdruck $\frac{0{,}181 + 0{,}005}{2}$) als durch den Boden (unter dem Ueberdruck 0,005) Luft ein, während eine gleich grosse Luftmasse (unter dem Ueberdruck 0,052) durch die Decke entweicht.

Im oberen Zimmer lag die neutrale Zone vorher bei N_0 und ist schliesslich nach N hinaufgerückt, weil der stark verminderten Boden-Einströmung verminderte Ausströmung entsprechen muss.

Figur 3.



Anhang.

Experimentelle Bestimmung der Durchlässigkeiten eines Zimmers.

1. Beschreibung des Zimmers.

Das Zimmer, dessen Durchlässigkeiten ermittelt wurden, liegt im Erdgeschoss des Schulgebäudes der Industrieschule zu Kaiserslautern. Es ist 3,6^m hoch, wendet eine mit zwei Fenstern versehene 7^m lange Seite nach Süd-Süd-Ost, die zweite 5^m lange Seite ebenfalls mit zwei Fenstern nach West-Süd-West. Diese beiden Mauern haben eine Dicke von 0,80^m. In den vier Fensternischen, deren jede 1,22^m breit, 2,40^m hoch ist und zudem oben mit einem halbkreisförmigen Bogen von 0,60^m Radius abschliesst, ist die Mauer bis zu einer Höhe von 0,80^m nur 0,40^m dick. Es folgt nach NNW eine Wand von 7^m Länge und 0,50^m Dicke, welche das untersuchte Zimmer von einem grösseren Nebenzimmer trennt und eine Thüre von 2^m Höhe und 1^m Breite enthält. Die vierte Wand ist 5^m lang, 0,50^m dick, enthält eine Thüre von gleichen Dimensionen wie die vorige und scheidet das Zimmer von der Hausflur.

Sämmtliche Wände sind von rothem Sandstein (Bruchsteinen) aufgeführt, innen mit Mörtel beworfen und mit grüner Kalkfarbe angestrichen. Aussen steht der Bau rauh und ist bis zu einer Höhe von 1,35^m mit Sandsteinplatten belegt.

Der Fussboden ist gediehlt. Die Diehlen sind vor fünf Jahren mit einem Oelfarbanstrich versehen worden, der an den zugänglichen Stellen ziemlich abgetreten ist. Zwischen den Diehlen befinden sich Zwischenräume von 3—5^{mm} Breite, welche, einem besonders angestellten Versuche gemäss, der Luft so weit freien Durchgang gestatten, dass diesseits und jenseits der Diehlen sich eine merkliche Druckdifferenz nicht ausbildet. Unter dem Zimmer ist kein Keller. Dasselbe liegt als südwestliches Eckzimmer des Hauses, welches an einen von Süd nach Nord aufsteigenden Bergabhang gebaut ist, über einer Aufmauerung von 1^m Höhe, welche nach Süden 3^m, nach Westen 6^m vorspringt und, soweit sie vorspringt, mit einer Gartenanlage versehen ist.

Die Decke ist 0,30^m dick, unter der Balkenlage verschalt, mit Mörtel beworfen und mit einem ganz dünnen Gypsanstrich ver-

sehen. Schadhafte Stellen der Decke, welche durch Senkung (Einschlagen) entstanden waren, sind im Herbst 1877 mit Gyps oberflächlich ausgebessert worden. Die Decke trennt das Versuchsobject von einem Zimmer, welches in den Dimensionen und der Beschaffenheit des Fussbodens jenem ziemlich gleich ist.

Durch die Decke führt ein durch ein Blechrohr begrenzter Luftcanal von 0,20^{m} Durchmesser, den ich zum Zwecke der Ventilationsversuche habe herstellen lassen. Der Canal kann oben durch einen mit Werg umwickelten eingepassten Holzdeckel verschlossen werden.

2. Die Versuche.

Das Manometer stand im Versuchszimmer auf einem etwa 0,80^{m} über dem Boden an der nördlichen Wand befestigten Brett und war mit Petroleum gefüllt.

Als am Abend des 27. Mai, nachdem den Tag über schwacher Ostwind geweht hatte, Windstille eingetreten war, wurde das über dem Versuchszimmer liegende Zimmer geheizt, während in jenem sowie in der Hausflur und im Nebenzimmer durch Oeffnen aller Fenster und Thüren Ausgleich der Temperaturen angestrebt wurde. Da trotzdem noch innerhalb des Hauses die Temperatur etwas niedriger war als im Freien, so wurde abgewartet, bis (zwischen 7 und 8 Uhr Abends) die Temperatur der äusseren Luft auf die des Hauses herabgesunken war.

Nun wurde das Versuchszimmer vollständig abgeschlossen und folgende Beobachtung gemacht:

a) Die Bestimmung des Nullpunktes am Manometer ergab

11,0.

Vom äusseren Niveau des Manometers führt ein Schlauch nach einem unmittelbar über dem Fussboden (in der Fensternische) durch die westliche Mauer gesteckten Rohr. Das Manometer zeigt

11,2.

Vom äusseren Niveau des Manometers führt überdies ein Schlauch nach einem durch die Decke gesteckten Rohr. Manometerablesung:

12,2.

Nullpunkt:

11,0.

Bezeichnet ν den Reductionsfactor der Manometerablesung auf verticale Millimeter Wasser, so sagt der Versuch, dass durch den Boden und die verticale Begrenzung unter einem Ueberdruck von 0,2 ν (Kilogramm pro Quadratmeter) eben so viel Luft in das Zimmer drang, als gleichzeitig unter einem Ueberdruck von 1,0 ν (Kilogr. pro Quadratmeter) durch die Decke entwich.

Ist f der Flächeninhalt des Bodens sowie der Decke, u der Umfang des Bodens, H die Höhe des Zimmers, also uH der Flächeninhalt der verticalen Wände, ferner k_0 die Durchlässigkeit des Bodens (Anzahl der Cubikmeter Luft, welche in der Stunde unter 1^{kg} Ueberdruck durch das Quadratmeter gehen), so ist $l = k_0 f$ das Lüftungsvermögen des Bodens, $l_1 = k_1 uH$ das Lüftungsvermögen der verticalen Begrenzung, $l_2 = k_2 f$ das Lüftungsvermögen der Decke und $L = l_0 + l_1 + l_2$ das Lüftungsvermögen des ganzen Zimmers.

Der Versuch giebt

$$0{,}2\nu(l_0 + l_1) = 1{,}0\nu l_2$$

oder

$$l_0 + l_1 = 5l_2,$$

d. h. bei gleichem Ueberdruck würden Boden und verticale Begrenzung zusammen fünfmal soviel Luft durchlassen als die Decke.

b) Um grössere Ausschläge zu erhalten, liess ich nun einen Canal öffnen, welcher durch die Decke des oberen Zimmers hindurchführt. Im Versuchszimmer selbst wurde nichts geändert.

Nun folgten folgende Beobachtungen am Manometer:

Vom inneren Niveau ging der Schlauch nach dem durch die verticale Begrenzung gesteckten Rohr, während zugleich vom äusseren ein Schlauch nach dem durch die Decke gehenden Rohr führte.

Ablesungen:

13,0
13,1
13,2.

Die Verbindung des Manometers mit der Decke wurde gelöst.
Ablesungen:

11,4
11,3.

Nullpunkt:

11,0.

Es sind mehrere Ablesungen gemacht worden, weil, jedenfalls durch den Einfluss einer leichten Windwelle, das Manometer etwas unruhig war.

Die Mittelwerthe geben die Gleichung

$$0{,}35\,\nu(l_0 + l_1) = 1{,}75\,\nu l_2$$

oder

$$l_0 + l_1 = 5 l_2$$

wie vorhin.

Weitere Versuche wurden an diesem Abend nicht mehr ausgeführt, weil die äussere Temperatur schon etwas unter die Temperatur des Zimmers gesunken war.

c) Der nächste Versuch wurde am 21. Juni angestellt, wiederum nachdem am Abend Windstille eingetreten war.

Er hatte die Ermittelung der normalen Lage der neutralen Zone zum Ziel.

Nachdem die Umgebung durch Oeffnen aller ins Freie führenden Fenster und Thüren möglichst frei gemacht worden war, wurde das Versuchszimmer durch einen eisernen Mantelofen geheizt, bis ein 2 ^{m} hoch über dem Fussboden aufgehängtes Thermometer 24,6° C. anzeigte. Die Temperatur der Umgebung war gleichzeitig 18,8° C.

Dann folgten nach Verschluss aller Zugöffnungen des Ofens sowie der Ofenklappe folgende Beobachtungen am Manometer:

Nullpunkt:

39,1.

Das innere Niveau war mit dem unmittelbar über dem Fussboden ins Freie führenden Rohr verbunden,

Ablesung:

40,2.

Das innere Niveau wie vorhin, das äussere war mit dem durch die Decke führenden Rohr verbunden,

Ablesung:

43,0.

Bezeichnet p_0 den Ueberdruck, welchen unmittelbar am Boden die äussere Luft über die innere, p_2 den Ueberdruck, welchen an

der Decke die innere Luft über die äussere besitzt, so folgt aus dem Versuch

$$p_0 = \nu \cdot 1{,}1 \text{ (Kilogr. pro Quadratmeter)}$$
$$p_0 + p_2 = \nu \cdot 3{,}9 \text{ (Kilogr. pro Quadratmeter).}$$

Ist h die Höhe der neutralen Zone über dem Boden, so ist allgemein

$$h = \frac{p_0}{p_0 + p_2} H,$$

also hier

$$h = \frac{11}{39} H \text{ oder } 0{,}28\, H.$$

Da $H = 3{,}6^m$, liegt die neutrale Zone $1{,}0^m$ über dem Fussboden, und es dringt demnach bei vollständig freier Umgebung durch den Fussboden und den unteren 1^m hohen Theil der verticalen Begrenzung eben so viel Luft ein, als durch die Decke und den oberen $2{,}6^m$ hohen Theil der verticalen Wände entweicht.

Die Lage der neutralen Zone ist von der Temperatur unabhängig, sie ändert sich nur dann, wenn die Durchlässigkeitsverhältnisse andere werden oder die Umgebung aufhört frei zu sein.

d) Zu dem gleichen Zwecke wie der dritte wurde ein vierter Versuch angestellt, nachdem die Temperatur des Zimmers auf 27,1° gestiegen, die der Umgebung auf 17,8° gesunken war. Bei gleicher Reihenfolge wie vorhin wurde abgelesen

Nullpunkt: 39,2;

Ablesung (1): 40,9;

Ablesung (2): 45,5.

Daraus folgt:

$$p_0 = \nu \cdot 1{,}7$$
$$p_0 + p_2 = \nu \cdot 6{,}3$$

und

$$h = \frac{17}{63} H = 0{,}27\, H$$

in guter Uebereinstimmung mit dem vorigen Werthe.

Die Kenntniss der Lage der neutralen Zone lässt sich zur Bestimmung der Durchlässigkeiten verwerthen mittelst der Gleichung

$$\frac{p_0}{p_0 + p_2} = \frac{l_2 + \frac{1}{2}}{L}.$$

Im Mittel ist demnach

$$\frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{L} = 0{,}275.$$

Schon hieraus folgt, dass der Boden vielmal durchlässiger ist als die Decke.

Fasst man die Resultate der bisherigen (4) Versuche zusammen, so ergeben sich zwischen den Lüftungsvermögen die einfachen Beziehungen

$$l_1 = 1{,}3 l_2$$
$$l_0 = 3{,}7 l_2$$
$$L = 6{,}0 l_2,$$

welche durch sehr einfache und rasch verlaufende manometrische Beobachtungen gewonnen sind.

e) Ein fünfter Versuch sollte zur Ermittelung des gesammten Lüftungsvermögens (L) dienen, auf Grundlage des früher (S. 22) bewiesenen Satzes, dass diese Constante erhalten wird, wenn man die durch einen einlassenden oder hinauslassenden Canal stündlich strömende Luftmenge durch die Aenderung des Ueberdrucks dividirt, welche an irgend einer Stelle der Umgrenzung des Zimmers durch Eröffnung des Canals hervorgebracht wird.

Es wurde der Canal geöffnet, welcher durch die Decke führt. Ein Gehilfe hielt das Anemometer an einer langstieligen Gabel in die Mitte des Canals, während ich am Manometer die Veränderung beobachtete, welche in dem vorher abgelesenen Werthe von p_0 vor sich ging.

Das Manometer stieg von

41,05 auf 43,45.

Das Anemometer machte 327 Umdrehungen in der Minute, was nach der für dasselbe ermittelten Formel

$$v = 0{,}174 + 0{,}1441 n$$

für die Geschwindigkeit v den Werth $0{,}96^m$ giebt.

Nach Versuchen, welche ich mit einem gleich weiten Rohr angestellt habe, entspricht dieser grössten Geschwindigkeit eine mittlere von $0{,}64^{m}$, und da der Querschnitt $0{,}0314^{qm}$ gross ist, strömten in der Secunde $0{,}020^{cbm}$, somit in der Stunde 72^{cbm} Luft durch den Canal.

Der Reductionsfactor (ν) des Manometers auf verticale Millimeter Wasser war

$$0{,}02546,$$

so dass der beobachteten Aenderung von p_0 die Druckänderung

$$2{,}4 \cdot 0{,}02546 = 0{,}061 \text{ (Kilogr. pro Quadratmeter)}$$

entspricht.

Somit ist

$$L = \frac{72}{0{,}061} = 1180^{cbm},$$

d. h. bei einem Ueberdruck von 1^{kg} pro Quadratmeter würde die ganze Begrenzung des Zimmers (als eine Wand gedacht) stündlich 1180^{cbm} Luft[1]) durchlassen.

Nun folgt

$$l_2 = 197^{cbm}$$
$$l_1 = 256 \text{ „}$$
$$l_0 = 727 \text{ „}$$

und die Durchlässigkeiten:

$$k_2 = 5{,}6^{cbm} \text{ pro Stunde und Quadratmeter}$$
$$k_1 = 3{,}0 \text{ „ „ „ „ „}$$
$$k_0 = 20{,}8 \text{ „ „ „ „ „}$$

f) Am Abend des 25. Juni wurde, wiederum bei Windstille, ein Versuch ausgeführt, welcher wie der fünfte die Ermittelung des gesammten Lüftungsvermögens (L) zum Ziel hatte.

---

1) Die Luft hatte bei einem Barometerstande von 745^{mm} eine Temperatur von $27{,}6^{0}$. Zur Reduction auf normale Cubikmeter dient der Divisor

$$\frac{760}{745}\left(1+\frac{27{,}6}{270}\right) = 1{,}124.$$

Durch die Reduction vermindern sich das Lüftungsvermögen L und mit ihm l_0, l_1, l_2 um $11\,\%$ ihres Werthes, ebenso die Durchlässigkeiten k_0, k_1, k_2; daher ist die Correctur bei Versuchen über die Beständigkeit der Durchlässigkeiten wesentlich.

Als Abzugscanal wurde dieses Mal das 0,034 qm grosse Zugloch des geheizten Mantelofens benutzt.

Das Anemometer wurde so gehalten, dass die Speichen des Flügelrades sich im äussersten (nächsten) Querschnitt des Zugcanals bewegten, also die Einströmungsöffnung und die beobachtete Geschwindigkeit voll in Rechnung zu bringen waren.

Ich erhielt folgende Resultate:

Zunahme des Ueberdrucks von aussen nach innen in Theilstrichen des Manometers	Umdrehungen des Manometers in der Minute
1,7	127
1,6	107
1,65	108
1,65	95

Daraus berechnet sich eine mittlere Zunahme des Ueberdrucks von 1,65 Theilstrichen oder 0,042 kg pro Quadratmeter und eine mittlere Geschwindigkeit von 0,43 m. In der Stunde würden in das Zugloch strömen

$$52{,}56^{\text{cbm}},$$

und es folgt

$$L = \frac{52{,}56}{0{,}042} = 1250^{\text{cbm}},$$

was um 6% grösser ist als die früher gefundene Zahl[1]).

3. Folgerungen.

a) Am 27. Mai war der Luftwechsel, welchen man dem unteren ungeheizten Zimmer durch Heizen des oberen verschaffte, zunächst, ehe der Canal in der Decke des oberen Zimmers geöffnet wurde:

$$\nu \cdot 1{,}0\, l_2 \text{ oder } \nu \cdot 0{,}2\,(l_0 + l_1).$$

Da ν damals den Werth 0,0972 hatte und $l_2 = 197$ ist, folgt für den Luftwechsel

$$19{,}1^{\text{cbm}}.$$

1) Die Temperatur der Luft war 20°, der Barometerstand 746 mm. Durch die Reduction auf normale Cubikmeter gehen demnach hier 9% des Werthes von L ab.

b) Durch Oeffnen des Canals in der Decke des oberen (geheizten) Zimmers steigerte sich der Luftwechsel des unteren auf

$$0{,}0972 \cdot 1{,}75\, l_2 \text{ oder } 33{,}5^{\text{cbm}}.$$

c) Am 21. Juni, wo das Versuchszimmer selbst geheizt war (seine Temperatur war 27,1°, während die Temperatur der Umgebung 17,8° betrug) strömte durch den Boden ein die Luftmenge

$$l_0 p_0,$$

durch den unterhalb der neutralen Zone liegenden Theil der verticalen Wände

$$k_1 u h \frac{p_0}{2}.$$

Dabei ist

$$\begin{aligned} l_0 &= 727 \\ p_0 &= 1{,}7 \cdot 0{,}02546 = 0{,}043 \\ k_1 &= 3 \\ u &= 24 \\ h &= 0{,}175;\ H = 0{,}99, \end{aligned}$$

so dass durch den Boden kamen

$$31{,}3^{\text{cbm}}$$

und durch die verticale Wand

$$1{,}5^{\text{cbm}},$$

im Ganzen

$$32{,}8^{\text{cbm}}.$$

d) Für eine von 9,3° verschiedene Temperaturdifferenz ($\triangle$) findet man den Luftwechsel (W_1) des Zimmers mit Annäherung aus der Proportion

$$W_1 : 32{,}8 = \triangle : 9{,}3,$$

woraus

$$W_1 = 3{,}53\, \triangle$$

folgt.

Bei dieser Rechnung ist Windstille und vollständig freie Umgebung vorausgesetzt, d. h. die normalen Umstände, wie sie am Abend des 21. Juni stattfanden.

e) Der fünfte Versuch (vom 21. Juni) giebt auch die Mittel, die Zunahme des Luftwechsels zu finden, welche durch das Oeffnen des Abzugscanals erzielt wurde.

Nach dem Oeffnen des Canals war nämlich

$$p_0 = 4{,}05\,\nu = 0{,}103,$$

während sich p_2 aus der grössten im Canal beobachteten Geschwindigkeit von $0{,}96^m$ mittelst der Formel

$$p_2 = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} 0{,}117 \cdot 0{,}92 = 0{,}054$$

berechnet. (Der Barometerstand war 745^{mm}, die Temperatur der strömenden Luft $27{,}6^0$.)

Somit war die neutrale Zone, welche ausserdem in der Höhe $0{,}275\,H$ liegt, bis in die Höhe $\frac{103}{157}\,H = 0{,}656\,H$ gerückt, und es strömten durch den Boden unter dem Ueberdruck 0,103 und durch die unteren zwei Drittel der verticalen Wände unter dem mittleren Ueberdruck $\frac{0{,}103}{2}$ um 72^{cbm} Luft pro Stunde mehr ein, als durch das obere Drittel der verticalen Begrenzung (unter dem mittleren Ueberdruck $\frac{0{,}054}{2}$) und durch die Decke (unter dem Ueberdruck 0,054) entwich.

Berechnet man die zwei letzten Posten, so findet man

$$3 \cdot 24 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}027 = 2{,}3^{cbm}$$
$$197 \cdot 0{,}054 = 10{,}6^{cbm}.$$

Somit ist die Gesammtmenge der abziehenden Luft

$$72 + 2{,}3 + 10{,}6 = 85^{cbm},$$

während sie bei der gleichen Temperaturdifferenz ($10{,}2^0$) ohne den Abzugscanal nur 36^{cbm} würde betragen haben. Der wahre Ventilationseffect des Canals ist demnach auf 49^{cbm} anzuschlagen. Indem der Canal die Porenventilation des Zimmers zurückdrängt, ist er weit entfernt, den gesammten Luftwechsel um das zu steigern, was durch ihn hindurchgeht.

Ueber ein modificirtes Marey'sches Sphygmographion und die damit angestellten Untersuchungen.

Von

Dr. **Ludwig v. Thanhoffer,**

o. ö. Professor der Physiologie und Physik an der k. Veterinärlehranstalt und Docent der Histologie an der Universität zu Budapest.

(Mit Tafel I, II und III.)

Bei zwei im Januar und Februar des Jahres 1875 in der k. ungarischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft gehaltenen populären Vorträgen über „das Blut und die Blutcirculation" habe ich viele mit dem alten Marey'schen Apparate auf Glas geschriebene Curven vorgezeigt.

Ich habe damals zugleich zwei Instrumente beschrieben, von denen das eine zur Demonstration der Herzbewegung, das andere zur Versinnlichung des Blutkreislaufes dient. Von dieser Zeit an datiren meine mit dem alten Marey'schen, sowie mit dem Vierordt-schen Apparate ausgeführten Untersuchungen. Später habe ich dieselben mit dem neuen Marey'schen Apparate und mit dem von mir modificirten, von Breguet in Paris nach meinen Angaben verfertigten, fortgesetzt und sie in Betreff des Pulses beendigt.

Der grösste Theil meiner Untersuchungen war schon im December 1876 zum Abschluss gebracht und in einem Manuscript niedergelegt. Meinen zweiten, von Breguet im August 1876 hergestellten Apparat und die damit gemachten Untersuchungen habe ich mit zahlreichen Curven der k. ungarischen Akademie der Wissenschaften in der Sitzung vom 4. December 1876 vorgelegt.

Die Beschreibung meiner Untersuchungen, sowie des Apparates erschien in ungarischer Sprache im Auszuge im Anzeiger der

Academie, sowie in dem Fachjournale „Orvosi Hetilap“ (1875 Nr. 17; 1877 Nr. 38 und Nr. 51). Ein kurzes Referat über diese Arbeiten ist in den Hofmann-Schwalbe'schen „Jahresbericht über die Fortschritte der Anatomie und Physiologie“ übergegangen.

Ueber die physiologischen sog. unregelmässigen Athmungsbewegungen hielt ich in einer Fachsitzung der k. ungarischen naturwissenschaftlichen Gesellschaft, unter Vorzeigung der dazu gehörigen Curven, einen Vortrag, welcher im Auszuge in den Mittheilungen dieser Gesellschaft („Termèszettudományi közlöny 1876“), sowie in der zu Budapest erscheinenden Zeitschrift „Literarische Berichte“ (redigirt von Hunfalvy; 1. Hft. 1876) enthalten ist.

Nach Vorausschickung dieser Bemerkungen sei es mir erlaubt, die Ergebnisse meiner Untersuchungen im Folgenden kurz zusammenzufassen. Betreffs der literarischen Notizen und Curven, verweise ich auf das hoffentlich bald erscheinende ausführliche ungarische Original.

I. Das alte und neue Marey'sche, ferner das Vierordt'sche Sphygmographion.

Das alte Marey'sche Instrument ist bekanntlich im Wesentlichen folgendermassen construirt. An dem einen Ende eines Rahmens, welcher auf den Unterarm aufgebunden werden kann, ist ein um eine Achse drehbarer Hebel angebracht, welcher an seiner Spitze mit einem gekrümmten Metallstück versehen ist, um seine Bewegungen auf eine berusste Fläche oder auf Papier mit Dinte zu schreiben. Dieser Hebel wird durch den Stift eines zweiten Hebels in Bewegung gesetzt, der letztere wieder durch die elastische Feder, welche auf der Arterie ruht. Eine hinter der Bewegungsachse des ersten Hebels angebrachte kleine Stahlfeder regulirt die Bewegungen desselben.

Ich kam durch meine Versuche bald zur Ueberzeugung, dass dieses Instrument trotz seiner genialen Einrichtung noch Manches zu wünschen übrig lässt; namentlich erkannte ich, dass der Hebel unabhängig von den Schwingungen der Arterie, vor allem bei stärkeren Bewegungen, in Eigenschwingungen geräth.

Zur Constatirung dieses Verhaltens stellte ich folgende Untersuchungen an. Ich legte den Hebel des Marey'schen Instrumentes auf die Feder eines Inductionsapparates, welche durch einen Inductionsschlag zur Platinspitze gezogen und gleich wieder losgelassen wurde, wodurch ich die Gewissheit hatte, dass der Hebel des Marey'schen Instrumentes nur einen Schlag erhielt.

Hierbei machte ich die Erfahrung, dass der mit dem Uhrwerk zu gleicher Zeit in Bewegung gesetzte Hebel nicht eine ähnliche Curve schreibt, wie die durch den Chronographen gezeichnete Zeitcurve, sondern dass die erstere auf einen Schlag mehrere Erhebungen zeigt.

Nach vielen Versuchen und Proben stand es fest, dass der Hebel des früheren Marey'schen Instrumentes die Schwingungen der Arterie nicht getreu wiedergeben kann, weil in den entsprechenden Curven auch einzelne den Nachschwingungen entsprechende Erhebungen stattfinden.

Die Nachschwingung des Hebels stammt, wie dies leicht ersichtlich ist, daher, dass er in die Höhe gestossen den Stift des zweiten Hebels verlässt und beim Zurückfallen, wie der Hammer auf dem Ambos, noch in einige Schwingungen geräth, insbesondere bei kräftigen Pulsschlägen.

Ein zweiter von mir angestellter Versuch thut die Richtigkeit dieser Behauptung dar. Bei einer anderen Gelegenheit habe ich nämlich mit Wachs oder mit einem Faden den Hebel des Marey-schen Instrumentes mit der Feder des Inductionsapparates fest verbunden. Dabei war die Curve frei von fremden Erhebungen, zum Zeichen, dass eine Nachschwingung nicht stattgefunden hat.

Diese Versuche habe ich gemacht, bevor ich von der Mach-schen Modification Kenntniss hatte, und kam alsbald auf die von Mach, resp. von Behier, in Vorschlag gebrachte Verbesserung.

Ein zweites Versuchsverfahren bestand darin, dass ich mit dem Hebel den Musc. gastrocnemius eines Frosches verband und die eintretenden Bewegungen bei Oeffnung und Schliessung des constanten elektrischen Stromes durch den Nerven zeichnen liess.

Wie Landois richtig bemerkt, kann der Hebel des nach Mach-Behier's Methode verbesserten Marey-Breguet'schen

Sphygmographen keine Selbstschwingungen machen, da er mit der Feder des Apparates verbunden ist und in die Zähne eines Zahnrades eingreift, somit nur diejenigen Bewegungen auszuführen vermag, zu welchen er durch die Schwingungen der Feder gezwungen wird.

Die Schwingungen des Hebels sind somit bei dem verbesserten Marey'schen Apparate von den Schwingungen der Feder abhängig. Es entsteht demnach die Frage, ob die Feder frei ist von Selbstschwingungen.

Dies hat Landois folgendermassen geprüft. Er befestigte das Instrument an dem das Uhrwerk tragenden Ende, liess aber die in Berührung mit dem Hebel befindliche Druckfeder frei in der Luft schweben. Jetzt führte er von unten auf die Pelotte der Feder einen raschen und kurzen Schlag aus und liess durch den Schreibstift des Hebels auf die geschwärzte Fläche eine Curve schreiben. Der absteigende Schenkel der primären Elevation sank dabei bis unter das Niveau der Curve, dann erhob sich die Feder wieder und vollführte eine deutliche Nachschwingung, zum Zeichen, dass sie in Selbstschwingungen geräth, wie dies auch zu erwarten war. Landois bemerkt ganz richtig, dass, wenn das Instrument auf den Arm gebunden ist, die Feder beim Absteigen sich nicht frei bewegen kann, weil die Haut die Selbstschwingung hindert.

Zum Beweis dafür hat Landois ein schon von Mach mit gleichem Erfolg ausgeführtes Experiment angestellt. Er band an das Ende der Feder — das Instrument blieb in der vorigen Weise befestigt — einen Faden, den er über eine Rolle schlang; an das Ende des Fadens befestigte er ein Gewicht von 50^{g} und setzte das Uhrwerk in Bewegung. Das Gewicht fing er nun abwechselnd mit der Hand schnell auf und liess es wieder fallen, und erhielt so Curven, welche keine Nachschwingungen zeigten. Auch ich kam zu dem gleichen Resultat, als ich die Feder des Marey'schen Sphygmographions mit der Feder des Inductionsapparates verband.

Zu dem gleichen Zwecke hat Wittich den Gastrocnemius des Frosches mit der Druckfeder verbunden und demonstrirte auf solche Weise vor der Naturforscherversammlung in Hannover (1865) das Nichtvorhandensein von Selbstschwingungen am Marey'schen Apparate.

Mach und nach ihm Landois haben demnach das Marey'sche Instrument auf Grundlage der Theorie und des Experimentes als verlässlich bezeichnet.

Sehen wir nun zu, welchen Werth der Vierordt'sche Apparat besitzt. Meines Erachtens hat dieses Instrument eine hohe geschichtliche Bedeutung, aber es ist nicht geeignet zu genauen sphygmographischen Zeichnungen.

Ich unterziehe diesen Apparat einer Kritik, weil Vierordt, der durch sein classisches Werk der Begründer der graphischen Pulsschreibung geworden ist, in seinem Lehrbuche für seinen Apparat gegenüber dem Marey'schen in die Schranken tritt, indem er behauptet, dass der normale Puls monokrot sei und sein Apparat in richtiger Weise einschlägige Pulse schreibe, während andere Apparate, wie der Marey'sche, ihm als fehlerhaft erscheinen, da ihre Hebel Selbstschwingungen besitzen und deshalb die von ihnen gezeichneten Curven mit zwei oder mehreren Erhebungen versehen sind.

Ich habe meine Untersuchungen mit dem Vierordt'schen Instrument zuerst an der Radialarterie des Menschen gemacht. Ich schrieb viele Curven von der Radialis beider Arme meiner Versuchsindividuen, belastete die Teller des Hebels bald mehr, bald weniger, auf jede denkbare Weise, konnte aber unter gewöhnlichen Verhältnissen keine monokroten Curven erhalten, wie solche Vierordt in seinem erwähnten Werke in grosser Zahl verzeichnete, so dass schliesslich mein Selbstvertrauen schon zu schwinden begann, bis es mir endlich bei einer bestimmten Anordnung gelang, ähnliche, aber niedere und unentwickelte Zeichnungen zu erzielen, jedoch nicht solche schöne und hohe Curven, wie sie Vierordt in seinem Werke darstellt.

Die zuletzt gewonnenen Curven sind so geschrieben worden, dass die Federspitze des Hebels mit der rotirenden Fläche des Kymographions unter einem rechten Winkel in Berührung kam, welche dabei öfters unter fortwährender Reibung ins Stocken gerieth und folglich Reibungscurven zeichnete. So oft die Federspitze des Hebels nicht unter einem rechten Winkel die Trommel berührte, zeichnete sie doppelt erhobene Curven und zwar um so ausge-

prägtere und schönere, je spitzer der Winkel der Feder mit der berussten Fläche war.

Wenn also Vierordt — obwohl er zugiebt, dass auch sein Apparat doppelt erhobene Curven schreibt, die er in seinem Werke (S. 33 Fig. *B*) abbildet — die aus einer Erhebung bestehenden Curven dennoch für die normalen erklärt, so liegt dies, glaube ich, nicht so sehr in einer fehlerhaften Beschaffenheit seines Apparates, als in der Art seiner Versuchsanstellung, wozu vielleicht noch kam, dass er meistens auf solche Individuen stiess, bei denen die Pulsschläge bei der zweiten Erhebung so gering waren, dass sein träger Apparat dieselben nicht gehörig signiren konnte.

Als ich das Vierordt'sche Instrument in Bezug auf die Selbstschwingung des Hebels in gleicher Weise untersuchte, wie ich es mit dem Marey'schen gethan habe, stellte sich heraus, dass dasselbe eine Zahl von Selbstschwingungen aufweist; ja es hat eine weitere Versuchsreihe dargethan, dass der durch den Pulsschlag gehobene Vierordt'sche Hebel eigentlich gar keine einschlägigen Curven schreibt.

Ich verfuhr dabei in der Art, dass ich unter den Hebel des Vierordt'schen Sphygmographions unter einem Winkel von 45° den Marey'schen Hebel brachte und letzteren durch die Radialarterie meines Assistenten in Bewegung setzen liess, so dass beide Hebel auf die berusste Fläche des Marey'schen Instrumentes schrieben. Der Erfolg war der, dass beide Curven identisch waren. Der Marey'sche Hebel machte nicht mehr Schwingungen als der des Vierordt'schen Instrumentes, beide beschrieben jedoch die dem dikrotischen Pulse entsprechenden doppelschlägigen Curven. Hier kann man aber nicht einwenden, dass der Schreibhebel des Marey'schen Apparates eine Selbstschwingung machte, da er in diesem Falle nur dem Hebel seines Apparates Folge leistete.

Nach vielen mit dem neuen Marey'schen Apparate gemachten Versuchen kam ich zu der Ueberzeugung, dass nicht nur in den früher besprochenen Apparaten, sondern auch in letzterem trotz seiner sinnreichen Einrichtungen verschiedene wesentliche Mängel vorhanden sind.

Zuerst will ich von den äusseren Umständen, welche auf das Schreiben des Hebels, resp. auf die Entwicklung der Curven einen Einfluss ausüben, sprechen.

Es kann sich Jeder davon überzeugen, dass bei sphygmographischen Untersuchungen die Entblössung des Armes, die Zimmertemperatur, Gemüthsbewegungen etc. bei manchen Individuen die Aufnahme der Curven häufig unmöglich machen. Bei einem jungen Manne versuchte ich mehrere Curven nach einander aufzunehmen, was aber misslang, weil der Betreffende fortwährend zitterte. Er bewegte zwar nicht den ganzen Arm, aber es entwickelte sich eine Gänsehaut und die unter der Haut befindlichen Muskeln machten schwache krampfhafte Zuckungen. Ich glaube, man hätte mit keinem Handhalter von ihm Curven erhalten können. Der betreffende junge Mann hatte ein krankhaftes Aussehen, war schlecht genährt und von Natur aus furchtsam.

Bei einem Anderen ereignete sich das gleiche, jedoch nur bei den ersten Curven, während es sich bei den übrigen nicht mehr wiederholte.

Man erfährt ferner bei den Untersuchungen, dass nicht nur die Untersucher, sondern auch die als Untersuchungsobject dienenden Individuen bis zu einem gewissen Grade eingeübt sein müssen. Viele Individuen benehmen sich indessen gleich bei Aufnahme der ersten Curve so, als ob an ihnen schon oft das Experiment gemacht worden wäre, und sie lassen alsbald stundenlang den ganzen Versuch bis zum Ende mit sich vornehmen.

Selbstverständlich ist bei derlei Untersuchungen die Ruhe des Armes das erste Bedingniss. Das geringste Erzittern der Haut, resp. der unter ihr liegenden Theile, kann manchmal kleine Elevationen hervorrufen, die sich zu den Haupterhebungen gesellen und sehr leicht auf Irrwege führen.

Um dieses nachzuweisen, habe ich öfter folgendes Experiment, stets mit gleichem Erfolge, angestellt.

Zuerst habe ich nämlich von der Radialarterie des Individuums die normalen Pulscurven aufgenommen; dann schrieb ich darunter eine zweite, wobei ich aber hinter dem Schreibapparat leise die Haut mit meinen Fingern klopfte; ich erhielt im letzteren

Falle stets Curven, welche den bei der Bleikolik auftretenden sehr ähnlich waren, weshalb ich die Vermuthung nicht unterdrücken kann, dass vielleicht die von Anderen bei Bleikolik aufgezeichneten Curven durch kleine Erzitterungen bedingt sind, welche auch ohne Bleivergiftung stattfinden können.

Ich gestehe, dass ich bisher keine Gelegenheit hatte, den Puls eines mit Blei vergifteten Menschen zu untersuchen; aber es ist leicht zu constatiren, dass Zitterbewegungen bei Bleivergifteten häufig vorhanden sind.

Solche geringe Erhebungen treten sowohl bei alten als auch bei jungen Leuten ein, insbesondere dann, wenn die Menschen lange zum Experiment gedient haben und ihr Arm wegen Ermüdung zu zittern anfängt. In diesem Falle muss man natürlich das Schreiben einstellen.

Ich habe zahlreiche Untersuchungen darüber gemacht, welche Stellung des Armes am geeignetsten ist. Diesbezüglich fand ich, dass es nicht gleichgiltig ist, ob der Arm ganz oder nur zum Theil auf dem Tische ruht. Die erste Lage ist die vortheilhaftere. Andererseits machte ich die Erfahrung, dass es am zweckmässigsten ist, unter den Arm einen weichen Gegenstand, z. B. ein mehrfach zusammengelegtes Handtuch unterzulegen, während unter dem Handgelenke eine mit weichem Material überzogene, beiläufig 3½ cm im Durchmesser haltende Rolle sich befindet und die Finger einwärts gebogen, jedoch nicht stark an einander gepresst, gehalten werden. Bei dieser Lagerung wird die Arterie etwas gespannt und ihre Bewegung sicherer auf den Hebel übertragen.

II. Meine Verbesserungen am Marey'schen Sphygmographen.

Gehen wir jetzt auf die von mir gemachten Modificationen des Marey'schen Sphygmographen über. Der Hauptfehler desselben liegt, wie dies schon Landois richtig bemerkt, darin, dass sein Hebel auf die berusste Fläche durch Auf- und Abbewegen der Druckfeder durch eine Schraube eingestellt wird.

Die in dem zweiten Hebel befindliche Schraube steht gelenkartig mit ihrem unteren Ende auf der Druckfeder auf, so dass bei Drehung der Schraube sich der Hebel nach oben oder unten be-

wegt, je nach der Richtung, in welcher wir drehen. Es ist leicht einzusehen, dass auf diese Art der Hebel nur dann sinkt, wenn die Feder mehr auf die Arterie gedrückt wird, oder nur dann sich hebt, wenn auf die Arterie ein geringerer Druck ausgeübt wird. Ebenso ist begreiflich, dass bei jeder Curve, besonders bei der geringsten Bewegung der Hand nach oben oder unten, abermals der Hebel eingestellt werden muss, dass somit bei jeder Aufzeichnung die Arterie unter einem anderen Drucke steht, somit jedesmal die Curve einen anderen Charakter bekommt, wie dies schon Landois betont, und dass hierdurch bei Vergleichung der Curven Fehler sich einschleichen.

Zur Prüfung dieses Verhaltens hat Landois mehrere Versuche gemacht, bei denen sich das auch von mir constatirte Resultat ergab, dass je mehr die Arterie belastet wird, desto ausdrucksloser und niedriger die Curven werden, bis endlich dieselben ganz verschwinden und in eine Gerade übergehen.

Eben dies führte Landois zur Herstellung seines Angiographen, welcher sich durch den Schreibapparat und durch die Anordnung für die Belastung der Arterie von dem Marey'schen unterscheidet; der Schreibstift desselben steht unter einem rechten Winkel zur Platte des Uhrwerkes, und der Hebel trägt einen Fortsatz mit einer Schale, welche mit Gewichten belegt werden kann.

Landois hat durch Versuche gezeigt, dass eine bestimmte Belastung für die Radialarterie, eine andere für die Cruralarterie und wieder eine andere für eine andere Arterie erforderlich ist.

Sommerbrodt konnte, wie ich aus seiner Abhandlung entnehme, mit dem Landois'schen Apparate nicht zurechtkommen und hat sich einen anderen Apparat construirt. Doch muss ich gestehen, dass ich zwischen seinem und dem Landois'schen Apparate der Zeichnung nach wenig Unterschied finde; die damit gezeichneten Curven sind zudem nicht so schön wie die von Landois.

Ich versuchte nun den vorher angegebenen Mangel des Marey-schen Apparates zu beseitigen, indem ich, wie Fig. 1 u. 2 auf Taf. I zeigt, in die den Schreibhebel aufnehmende Hülse *a* zunächst eine knieförmig gebogene kleine Vorrichtung *b* einschob. Bei

Drehung der Schraube *c* wird die Scheide *d*, welche mit dem den Hebel *f* tragenden scheidenförmigen kleinen Apparate *e* in Verbindung steht, auf- oder abwärts bewegt werden, da die Schraube *c* in die Zähne eines in der Trommel *b* befindlichen und mit der Scheide *d* verbundenen Rades eingreift. Es ist leicht verständlich, dass der ganze Hebel diesen Bewegungen Folge leisten muss. Die Zweckmässigkeit dieser Regulirung ist leicht verständlich.

Beim Gebrauche wird das Instrument auf die Hand oder einen anderen Theil des Körpers gebunden; die Druckfeder *h*, welche so beschaffen ist wie diejenige des Marey'schen Sphygmographen, wird mit Hilfe der Schraube *u* über die Arterie in der Art gelegt, dass sie unter leichtem Druck mit der Haut in Berührung sich befindet.

Die mit der Druckfeder *h* verbundene (siehe Fig. 1 und 4) in Millimeter getheilte und mit starken Zähnen versehene Stange *g* versetzt, bei Bewegungen der Feder, ein in ihre Zähne eingreifendes Rad und dadurch den Schreibhebel in Bewegung. Wenn das Instrument richtig aufgebunden und der Schreibhebel mit Hilfe der Schraube *c* eingestellt ist, dann können wir während einer ganzen Versuchsreihe unter gleichem Druck die Erhebungen der Arterie, und die Modificationen derselben untersuchen, und zwar bei nie übermässig zusammengedrückter Arterie.

Ausserdem hat der knieförmig gebogene Hebel zum Theil noch einen anderen bedeutenden Vortheil, nämlich den, dass er grössere Curven schreibt als der gleich lange und gerade Marey'sche Hebel.

Der Vortheil dieser Vorrichtung ist leicht erkennbar. Bei grösseren Curven werden nämlich die kleineren Erhebungen, über welche wir zu urtheilen haben, besser sichtbar, wie nicht nur die Theorie, sondern auch das Experiment ergiebt. Denn wenn man in die Hülse *a* zuerst den Marey'schen Hebel, aber mit einem zugespitzten Magnesium-Ende, einfügt, dann aber den durch mich verbesserten knieförmigen Hebel, so sind die mit letzterem gezeichneten Curven viel grösser.

Beim Marey'schen Apparate ist der Schreibhebel, wie bekannt, aus leichtem Schilf gefertigt und die Stahlspitze desselben muss mit der Hand auf die berusste Fläche angedrückt werden.

Dabei hängt es vom Zufalle ab, ob der Schreibhebel gerade gehörig gerichtet wurde, denn häufig ist er mit der berussten Fläche nicht genügend in Berührung, oder er drückt zu sehr auf, so dass man durch die Reibung sehr breite, unverwendbare Curven erhält.

Zur genauen Einstellung des Schreibhebels habe ich an meinem Apparate eine kleine, in Fig. 1 (Taf. I) in halber Grösse und in Fig. 3 in natürlicher Grösse gezeichnete Vorrichtung *e* angebracht. In die Scheide derselben passt einerseits der aus Holz verfertigte, minder biegsame Schreibhebel, andererseits kann sie in die knieförmige Metallscheide *d* eingeschoben werden; der ganze Hebel wird mittelst der auf der Vorrichtung *e* sichtbaren Schraube aufs genaueste an der geschwärzten Fläche eingestellt.

Die Fig. 3 zeigt das Detail der Vorrichtung von beiden Seiten deutlich. Es ist ersichtlich, dass die den Hebel tragende Scheide *e* um eine Achse in horizontaler Richtung drehbar ist, welcher Drehung der Druck der kleinen Feder *c* entgegenwirkt.

Der Schreibhebel ist mit einer kürzeren, mithin minder elastischen und minder leicht zu Erzitterungen geneigten Stahlspitze durch eine kleine Metallhülse, wie beim Marey'schen Apparate, in Verbindung gesetzt. Die schreibende Stahlspitze ist aber nicht schräg gebogen und mit stumpfer Schneide versehen, wie die des Marey'schen, sondern sie besitzt eine unter rechtem Winkel abgebogene, sehr fein geschliffene Spitze.

Der Vortheil dieser Verbesserung besteht darin, dass dadurch aussergewöhnlich feine Curven geschrieben werden. Es ist dies, wenn auch nicht unumgänglich nothwendig, doch sehr vortheilhaft, nicht nur deshalb, weil die Curven viel schöner ausfallen, sondern auch weil die unter gewissen Umständen entstehenden kleineren Erhebungen, z. B. die sog. Elasticitäts-Elevationen, sehr gut sich abzeichnen, während dieselben bei dickeren Curven kaum zu bemerken sind. Andererseits findet, da die Oberfläche des Papiers, auf welchem geschrieben wird, glänzend und eben ist und der Hebel mit Hilfe der Schraube genau eingestellt werden kann, keine grosse Reibung statt; aber es haftet doch die Spitze des Hebels wegen ihrer Schärfe etwas an der berussten Fläche, was den Vortheil hat, dass dadurch der Hebel gegen andere, von den Con-

tractionen der Arterie unabhängige Schwingungen minder empfindlich ist.

Ist der Hebel meines Apparates gut eingestellt, so beschreibt er gewöhnlich die zwei Hauptelevationen aufs genaueste, selten andere kleine Schwingungen, und wenn auch Elasticitäts-Elevationen vorhanden sind, so sind sie doch nicht so häufig als bei dem Marey'schen, falls dessen Hebel sehr wenig mit der berussten Fläche in Berührung steht (siehe die Figuren der Taf. II).

Endlich gehört zu den von mir an dem Hebel gemachten Verbesserungen, dass, wie dies auf der Fig. 4 Taf. I ersichtlich ist, die Drehachse des Hebels mit tief geschnittenen Zähnen versehen ist, in welche die Zähne der mit der Druckfeder *h* verbundenen Stange *g* passen. Diese Vorrichtung war nothwendig, denn die bei dem Marey'schen Apparate angewendeten sehr feinen Kerben und die Schraube mit den engen Windungen wären hier gar nicht verwendbar gewesen, weil der knieförmige Hebel trotz seiner Feinheit doch so schwer ist, dass ihn die feinen Zähne nicht wohl getragen hätten, was auch beim Marey'schen Apparate öfters geschieht, wodurch dann der Hebel herabfällt. Es tritt diese Erscheinung bei dem Marey'schen Apparate vorzüglich dann auf, wenn nach längerem Gebrauche die Zähne an ihrer Schärfe eingebüsst haben. Deshalb ist es besser, viel grössere Zähne zu nehmen, wie es z. B. schon Landois bei seinem Angiographen that.

Wie schon erwähnt, ist die Stange *g* bei meinem Apparate in Millimeter eingetheilt, und zwar aus folgendem Grunde:

Vor dem Aufbinden des Instrumentes wird mit Hilfe der Schraube *u* (siehe Fig. 1 Taf. I) die Druckfeder *h* so herabgedreht, dass bei Untersuchung der Radialarterie die Hebelachse zusammenfällt mit dem Theilstrich 15^{mm} an der Stange *g*, von unten aus gerechnet.

Wenn wir den Apparat zart und so aufbinden, dass die Bänder den Arm des Versuchsindividuums nicht übermässig drücken, dann können wir versichert sein, dass die Arterie nicht zu sehr gedrückt wird; falls dies aber dennoch sich ereignen sollte, so ist mittelst Aufdrehen der Feder *h* leicht zu helfen. Dann können wir nach einander, ohne dass wir die Feder *h* mehr berühren, zahlreiche

Curven schreiben, nur müssen wir den Hebel mit seinen Schrauben einstellen und darnach trachten, dass wir immer unter gleichem Druck und gleichen Verhältnissen arbeiten.

Es ist demnach einleuchtend, dass, wenn wir die Bedingungen ändern, auch die Aenderungen der Curven von diesen Bedingungen abhängig sind, nicht aber von Mängeln des Instrumentes. Bei dem sonst so ausgezeichneten Marey'schen Apparate können wir dies mit Bestimmtheit wegen der erwähnten Mängel nicht sagen. Eben die Noth hat mich auf diese Abänderung geführt, da ich mich während meiner Untersuchungen überzeugte — wofür zahlreiche von mir aufgenommene Curven sprechen —, dass der Marey'sche Apparat bei einer und derselben Versuchsreihe verschiedene Curven schreibt, zwar nicht verschieden in den Haupterhebungen, aber doch verschieden in dem Charakter. Dass jedoch in der Hand eines Meisters wie Marey auch dessen Apparat brauchbar ist, dafür geben seine rühmlichst bekannten Werke Zeugniss.

Dies sind die von mir an dem Hebel und an dem denselben in Bewegung versetzenden Apparate gemachten Modificationen.

Das Uhrwerk meines Apparates ist dasselbe wie das des Marey'schen, jedoch ist bei ihm die Basis anders gebaut und sind auch noch weitere zweckentsprechende Verbesserungen an ihm angebracht worden. Bei dem Modell, welches ich in Budapest verfertigen liess und mit welchem ich meine ersten Versuche machte, wird das Uhrwerk, wie Fig. 5 Taf. I zeigt, an den Rahmen *a* mit Hilfe der Schraube *b* befestigt, so dass es in einigen Secunden abgenommen und in entgegengesetzter Richtung gestellt und befestigt werden kann.

Andererseits vermag man mit Hilfe der Schraube *d* das Uhrwerk *C*, welches von der entgegengesetzten Seite durch die Feder *c* gedrückt wird, auf die Spitze des Schreibhebels in jeder Stellung auf das feinste einzustellen.

Die erstere Einrichtung des Uhrwerkes, durch welche dasselbe einmal in der einen, dann aber auch in der umgekehrten Richtung gestellt werden kann, ist dadurch nothwendig geworden, dass der durch das Uhrwerk getriebene und die Schreibplatte tragende, an der Basis gezähnte Schlitten in gewissen Versuchen sich gegen die

Schreibspitze des Hebels hin, in anderen aber davon weg bewegen soll.

Eine Versuchsreihe hatte mich nämlich gelehrt, dass die Curven besser ausfallen, wenn die berusste Fläche nicht der Spitze entgegen, sondern in gleicher Richtung mit ihr bewegt wird. Dies ist bei dem stumpfwinkligen Schreibhebel des Marey'schen Apparates weniger erforderlich als bei dem von mir angewendeten spitzigen Stahlstift, welcher viel leichter in Stockung geräth, wenn das Papier ihm entgegen bewegt wird. Man kann indessen bei gehöriger Einstellung auch mit meinem Apparate in solcher Richtung wie beim Marey'schen Curven schreiben.

Die die Schraube *d* tragende Säule bewegt sich bei der Drehung der Schraube mit, so dass die Schraubenspitze sich nicht von dem um die Achse *b* in den Radien des Kreises beweglichen Uhrwerke entfernen kann und stets in der an dem Uhrwerke befindlichen kleinen Vertiefung steht. Von der entgegengesetzten Seite übt die Feder *c* auf das Uhrwerk einen Gegendruck, so zwar, dass beim Rechtsdrehen der Schraube *d* das Uhrwerk sich der auf der entgegengesetzten Seite befindlichen Schreibhebelspitze nähert, während es sich beim Linksdrehen von derselben entfernt.

Diese Einrichtung ist deshalb bequem, weil es nicht nöthig ist, die Schraube *b* von dem an der Basis befindlichen Schraubenstift ganz abzudrehen. Um das Uhrwerk ein- und auszuspannen, genügt es, ein oder zwei Drehungen zu machen, da das Uhrwerk beiderseits an der Basis *f* nicht mit einem Loch, sondern einem Schlitz versehen ist.

Breguet hat auf meinen Wunsch hin eine sinnreiche Modification dieser Einrichtung gemacht. Er hat nämlich auf meinem durch ihn verfertigten Apparat die Grundplatte *p* des Uhrwerkes auf der (Fig. 1 und 5 Taf. I) Hartgummiplatte *S* befestigt, so zwar, dass *p* auf der Platte *r* mit der Hand beweglich ist und in der einmal gegebenen Stellung mit Hilfe einer unter dem Uhrwerke angebrachten Feder fest verbleibt.

Bei meinem neuen Apparate blieb zwar die Einstellung des Uhrwerkes mittelst der feinen Schraube weg; dieselbe ist aber nicht unumgänglich nothwendig. Mittelst der Hand werden dabei

die gröberen Einstellungen gemacht, während die feineren durch die oben erwähnte an dem Schreibhebel angebrachte Schraube bewerkstelligt werden.

Endlich gehört zu den Verbesserungen des Uhrwerkes die untergelegte Kautschukplatte *S* (siehe Fig. 1 und 5 Taf. I), deren untere Fläche zur Umfassung des Armes etwas concav ist, wodurch das Uhrwerk fest steht und nicht in der Luft hängt, wie bei dem Marey'schen Sphygmographen.

Bei meinem Apparate ist dies nothwendiger als bei dem Marey'schen, weil der Theil *U* meines Apparates, auf welchem das Schreiben geschieht, grösser und schwerer ist, weshalb er leicht sich senken könnte. Auf beiden Seiten der Uhrwerkplatte sind Schrauben *s* angebracht, ebenso an den auf den Arm passenden Latten des Metallrahmens.

Auf diese Schrauben *s* lege ich den amerikanischen Strumpfbändern ähnliche Bänder an, mittelst welchen der Apparat besser auf den Arm befestigt werden kann als mit dünnen Bändern, wie bei dem Marey'schen Apparate. Wenn bei dem Marey'schen Apparate das schwarze Band stark angezogen wird, so schneidet es ein, verursacht eine venöse Stauung und kann sogar die arterielle Circulation hindern. Wird die Binde aber locker, so muss sie wieder aufgelöst und neu befestigt werden, während man bei Anwendung von amerikanischen Strumpfbändern nach Belieben in der kürzesten Zeit anziehen oder nachlassen kann, indem die Schnalle in der einen Hand gehalten wird, während die andere am Bande anzieht.

Beim Marey'schen Apparate beträgt die Länge der Schreibplatte 11,5^{cm}, die Höhe 3^{cm}. Dies ist so wenig, dass, da nicht die ganze Platte zum Schreiben verwendet werden kann, grössere Curven gar nicht darauf Platz haben. Selbst Pulscurven mittlerer Grösse haben darauf fast nicht Raum genug. Ich will zwar nicht behaupten, dass die Ungarn grössere Puls-Elevationen haben als die Deutschen oder die Franzosen, aber ich kann sagen, dass ich noch keine so grossen Karotis- und Radialpulscurven fand als die meinigen. (Siehe Taf. II, Fig. 2, 3, 4, 5, 6; Fig. 2: Karotiscurve eines jungen Mannes bei Athmungspause; Fig. 3: Karotiscurve desselben bei Inspiration (*I*) und Exspiration (*E*); Fig. 4: Radial-

curve eines anderen jungen Mannes bei oberflächlicher Athmung; Fig. 5: Radialcurve eines kräftigen jungen Mannes; Fig. 6: Radialcurve desselben bei tieferer In- und Exspiration.)

Ich muss annehmen, dass die Uebrigen wirklich keine grösseren Curven erhalten haben, weil sie sonst mit einem so schmalen Papierstreifen nicht zufrieden gewesen wären.

Wer sich mit derlei Untersuchungen beschäftigt hat, wird mir gewiss darin beistimmen, dass es bequem ist, nach einander auf einer einzigen Platte mehrere Curven schreiben zu können, ohne dass man einen neuen Papierstreifen zu schwärzen, diesen auf die Metallplatte aufzulegen und den Schlitten einzustecken genöthigt ist.

Anderentheils ist es öfter von grossem Vortheil, wenn man zur besseren Vergleichung mehrere Curven unter einander schreiben kann, wo dann die unter verschiedenen Umständen entstandenen mit der normalen leicht zu vergleichen sind.

Aus diesen Gründen ist die Anwendung einer höheren Schreibplatte genügend motivirt. Aber die letztere muss nicht nur höher, sondern auch länger sein.

Bei dem Marey'schen Apparate ist dies nicht zu erzielen, da die gegen den Hebel sich bewegende Platte keinen grösseren Weg als den von dem Uhrwerke bis zur Achse des Hebels zurücklegen kann, sonst stösst sie an den letzteren an.

Bei meinem Instrumente ist aber ein beliebig langer Schlitten und in diesem eine lange Schreibfläche anzuwenden, da das Uhrwerk seitwärts zu drehen ist, so dass die Platte vor der Achse des Hebels vorbeigeht.

Auf der Schreibplatte des Marey'schen Instrumentes haben die Curven bei einer In- und Exspiration, deren Höhe man vergleichen will, auch nicht die bei tiefer Inspiration oder die einer Inspiration nach einer Respirationspause genügend Platz; es wird daher Jedermann, der sich mit solchen Untersuchungen beschäftigt, meine Modification mit Freude begrüssen.

Wie aus der Fig. 1 Taf. I ersichtlich, ist die mit dem berussten Papier überzogene vertical stehende Aluminiumplatte *U* zwischen je zwei Säulchen auf dem gezahnten Schlitten eingesteckt und befestigt. In Fig. 6 ist ein Endtheil des Schlittens mit zwei Säul-

chen in natürlicher Grösse sichtbar; zwischen den beiden Säulen *o — o* wird die Aluminiumplatte *U* (Fig. 1) durch eine Schraube eingeklemmt. Ich habe für besondere Zwecke zwei Aluminiumplatten, eine kürzere und breitere und eine längere und schmälere. In Fig. 1 Taf. I *U* sieht man die längere in halber natürlicher Grösse. Die Länge der langen Schreibplatte beträgt $16{,}5^{cm}$, die der kürzeren $11{,}5^{cm}$. Die Breite der kürzeren ist $8{,}5^{cm}$.

Beide Aluminiumplatten werden mit Papier überzogen, welches unten durch die Schrauben *o — o* des Schlittens, oben durch die auf den Aluminiumplatten angebrachten Schrauben *o — o* angedrückt wird.

Diese Befestigungsweise des berussten oder weissen Papieres halte ich für zweckmässig. Das Papier wird ein wenig schmäler und etwas länger geschnitten als die Platte ist. Darauf wird das Papier mit den oben an den Aluminiumplatten angebrachten Schrauben *o — o* gepresst, dann die Platte mit dem aufgespannten Papier zwischen die Säulen *o — o* des Schlittenapparates geschoben und durch die Schrauben der Säulchen *o — o* gelind zusammengepresst.

Sollte das Papier sich ausbauchen, was nicht nur bei dem Marey'schen Apparate, sondern auch bei meinem möglich ist, so muss man die hervorstehenden Enden des Papieres zuerst oben, dann unten mit den Händen anspannen. Das Papier wird dadurch vollkommen eben, wenn es nicht bei der Berussung zu nahe an die Flamme gehalten und dadurch schon vorher uneben geworden ist.

Bekanntlich wird bei dem Marey'schen Apparate das Papier durch eine sehr ingeniöse Einrichtung an die Metallplatte gedrückt, wobei es sich aber doch häufig ausbaucht, welcher Umstand das Schreiben der Curven absolut unmöglich macht.

Breguet giebt zu seinem Marey'schen Instrumente auch Dinte dazu, um mit der damit befeuchteten metallenen Spitze des Hebels zu schreiben. Dies hat Marey schon bei seinem ersten Instrumente empfohlen, aber ich muss gestehen, dass ich dabei die Reibung zu gross fand, so dass die mit Dinte geschriebenen Curven sehr niedrig ausfielen und die zweiten Erhebungen kaum sichtbar waren oder gänzlich fehlten. Es ergab sich daher die Nothwendigkeit, die Spitze des Hebels etwas zu modificiren.

Ich liess diese Anordnung durch den Mechaniker des physiologischen Institutes der Universität, Herrn Pichler, der auch bei Herstellung meines ersten Modells sich vielfach nützlich erwiesen hat, verfertigen. Ich muss noch erwähnen, dass ausserdem bei Verfertigung meines ersten Modells, nach welchem Breguet mein zweites Instrument in ausgezeichneter Weise ausgeführt hat, Herr Schwarzer, Mechaniker in Budapest, betheiligt war.

Die Spitze des mit Dinte schreibenden Hebels ist ein für Federzeichnungen gebrauchtes Stahlfederchen, welches (Fig. 7 Taf. I) auf einer in zwei Ebenen unter 45° gebogenen und aus Aluminium verfertigten Vorrichtung befestigt und damit auf den Hebel aufgeschoben wird.

Die Feder wird mit einem Pinsel mit Dinte befeuchtet, oder es wird mit einem Pinsel ein Dintentropfen auf das Papier gebracht, aus dem sich die in ihn eingetauchte Feder tränkt und bei gehöriger Einrichtung dieselben Curven schreibt wie eine metallene Spitze auf die berusste Fläche; es findet sich zwischen den Curven weder in Beziehung der Grösse noch der Gestalt noch der Erhebung irgend ein Unterschied.

Endlich habe ich an meinem Apparate, wie ich dies schon in der medicinischen Wochenschrift „Orvosi Hetilap" beschrieb, ein Spiegelchen angebracht, welches man in natürlicher Grösse auf Taf. I Fig. 8 sieht. Das freie Ende *a* des Spiegels wird in die Hülse des knieförmigen Theiles des Hebels eingeschoben. Das Spiegelchen ist aus Glas gefertigt und kann mittelst eines Kugelgelenkes in jeder beliebigen Richtung bewegt werden. Man wirft mit der Dubosq'schen Lampe durch eine enge Oeffnung Licht auf eine Sammellinse und stellt das mit dem Sphygmographen verbundene Pulsspiegelchen in den Brennpunkt der Sammellinse. Die durch das Spiegelchen reflectirten Lichtstrahlen fallen auf einen grösseren, um seine Achse beweglichen Planspiegel und von diesem auf eine kreisförmig ausgespannte Papierfläche, auf welcher, bei verfinstertem Zimmer, bei der Drehung des grossen Planspiegels die leuchtenden Pulscurven sichtbar sind. Die Gestalt der Curven ist den mit dem Hebel meines Instrumentes geschriebenen ganz gleich.

III. Die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen.

Die Hauptergebnisse meiner Untersuchungen sind kurzgefasst folgende:

1) Der alte Marey'sche, sowie der Vierordt'sche Sphygmograph besitzen nach den Ergebnissen der Prüfung mit dem Elektromagneten Selbstschwingungen.

Der Hebel des neuen, mit der Behier'schen Modification versehenen Apparates zeigt keine Selbstschwingung.

2) Ich habe den neuen Marey'schen Apparat vielfach modificirt und zahlreiche Untersuchungen damit angestellt.

3) Ich habe mit meinem Apparate normale Curven geschrieben und gezeigt, dass, wenn man zuerst mit dem Marey'schen, dann mit dem von mir modificirten Hebel in einer Sitzung die Curven unter einander schreibt, mein eben so langer aber anders gebauter Hebel viel grössere und markirtere Curven zeichnet als der Marey'sche.

Ferner habe ich zu meinem Apparate einen Spiegel construirt, mit welchem ich, die Lichtstrahlen auf einen grösseren Spiegel und von hier auf einen Papierschirm werfend, Lichtcurven projicire. Ferner habe ich mit einem 39 cm langen Strohhebel geschrieben, wobei meine Curven nur normale Erhebungen zeigten.

4) Meine Curven sind ganz die gleichen, ob sie auf eine berusste Fläche oder mit Feder und Dinte geschrieben wurden.

5) Wenn ich den Hebel mit dem Metallventil eines Kautschukballons verband und dann Curven schrieb, so erhielt ich verschiedene, mit mehreren Erhebungen versehene Curven, woraus ersichtlich ist, dass der Ballon sich auf einen Druck hin nicht gleichmässig, sondern in mehreren Zeitabschnitten zusammenzieht, ferner dass eine derartige Zusammenziehung auch bei dem Herzen stattfinden kann und dass auf die Entstehung der kleineren Pulserhebungen die Zusammenziehung des Herzens und die Schwingungen der Klappen einen Einfluss haben könnten.

6) Ich verband die ausgeschnittene Aorta eines Hundes für sich allein, oder auch im Zusammenhange mit den Iliacalarterien, mit Hilfe eines Kautschukballons und von Kautschukschläuchen zu einem Circulationsschema, das durch eine seitlich eingeschaltete Röhre aus einem Wasserbehälter mehr oder minder gefüllt werden

konnte, wodurch der intravasculäre Druck zu vermindern oder zu vergrössern war. Dann befestigte ich das Sphygmographion auf die Arterie in verschiedener Entfernung vom Kautschukballon und schrieb bei ungleicher Zusammenziehung des Ballons die Curven auf. Diese waren den von der Cruralarterie des lebenden Hundes gewonnenen ganz gleich; dieselben beleuchten die Entstehung der ersten und zweiten Elevation der Pulscurven und erklären auch den Ursprung des Anakrotismus.

Ausserdem habe ich auch Versuche angestellt, bei denen an dem freien Ende der ausgeschnittenen Aorta das Wasser abfloss; die hierbei bei Zusammendrückung des Ballons gewonnenen Curven zeigten dikrotische Erhebungen, auch dann, wenn ich in die Aorta eine Glascanule einband. Das Ergebniss ist das gleiche, welches auch Landois auf hämautographischem Wege erhielt.

7) Experimente, welche an ausgeschnittenen Hundeherzen, die noch mit der Aorta und den Iliacalarterien verbunden waren (die Nebenäste der Aorta waren unterbunden), ausgeführt wurden, haben obige Ergebnisse bestätigt.

Diese Untersuchungen gaben auch sichere Beweise dafür, dass die zweite Erhebung der Pulscurve nicht nur durch die Rückstosswelle, sondern auch durch die Zusammenziehung des Herzens und durch die Elasticitätsschwingungen der Gefässe bedingt ist.

8) Als ich an einer atheromatösen, mit dem Herzen zusammenhängenden Aorta, deren Wandung ihre Elasticität verloren hatte, experimentirte, erhielt ich hinter der atheromatösen Stelle anakrotische, auf der atheromatösen Stelle aber dem senilen Pulse ähnliche Curven. Dieselben sind ganz gleich den bei einem 80jährigen Individuum aufgezeichneten Curven.

9) Ich habe auch von den pulsirenden Kammern ausgeschnittener Frosch- und Katzenherzen Curven aufgenommen; diese waren sehr lehrreich, indem die von den Ventrikeln des Katzenherzens gewonnenen analog den Pulscurven zwei Erhebungen hatten, was nur dadurch entstehen kann, dass die Zusammenziehung des Ventrikels in diesem Falle in zwei Abschnitten vor sich geht.

10) Die Ansicht von Landois ist richtig, dass es nur einen di- oder trikroten Puls giebt. Der Puls kann zwar auch poly-

krot sein, aber Rückstoss-Elevationen vom Herzen aus giebt es nur eine, höchstens zwei; die anderen Erhebungen sind Elasticitäts-Elevationen. Dies habe ich an lebenden Individuen experimentell bewiesen. Dieses Verhältniss ist auf Taf. II Fig. 5 ersichtlich. Die auf die erste grosse Erhebung folgende kleine zweite Elevation kann keine durch eine Rückstosswelle vom Herzen aus bedingte sein, nur die dritte Erhebung kann als Product derselben betrachtet werden; denn wenn dieselben von der Peripherie her zurückgeworfene Wellen wären, so müsste die zweite Erhebung selbstverständlich viel grösser als die erste Elevation sein. Die Fig. 5 auf Taf. II ist eine Radialpulscurve eines 25jährigen Mannes.

11) Wenn mein Apparat gut aufgebunden ist, so schreibt er immer gleiche Curven, sowohl in Grösse als auch in der Höhe der Elevation.

12) Wenn ich vor oder hinter dem Sphygmographen die Arterie mit einer Schnur, mit der Hand oder mit einem Tuch, theilweise oder ganz comprimirte, so erhielt ich Curven von verschiedenem Charakter, welche den Einfluss der Verengung der Arterien darthun.

13) Ich machte ein- und zweiseitige mechanische Vagusreizungen bei dem Menschen und Hunde und erhielt ähnliche Resultate wie bei der elektrischen Reizung. Bei doppelseitiger Reizung fiel das Untersuchungsindividuum in Ohnmacht, das Herz stand still, und nach Rückkehr der Besinnung war der Puls irregulär.

Die an Hunden angestellten Versuche lieferten nicht so schöne Resultate, aber in ihren Hauptzügen sind die denen des Menschen gleich. Die Nachwirkungen des Vagusdruckes gestalteten sich in Betreff der Variationen des Rhythmus im höchsten Grade interessant.

14) Der Einfluss der Athmung auf die Curven ist folgender: Bei Anfang der Inspiration (I) (siehe Taf. II bei Fig. 4 und 6: $I =$ Inspiration, $E =$ Exspiration) ist der Blutdruck klein, dann nimmt er stetig zu, erreicht seinen höchsten Grad am Anfang der Exspiration (E) und sinkt dann wieder. Die Pulscurven sind bei den meisten Menschen während der Inspiration niedriger und von geringerer Zeitdauer, d. h. der Puls ist frequent, während sie bei der Exspiration viel seltener, aber desto grösser ausfallen.

15) Die sogenannten unregelmässigen Athmungsbewegungen, wie Seufzen, Gähnen, Husten, Niesen, Weinen, Lachen, Schnarchen,

Pfeifen, Aufstossen und Schlucken, sind von eigenthümlichen Pulscurven begleitet.

Ausserdem hatte ich noch besonders die Umstände berücksichtigt, welche bei Zittern der Hände bei gehöriger Anwendung des Sphygmographen sich ereignen. Ferner habe ich noch andere den Puls modificirende Umstände geprüft.

16) Ich habe ein Blutcirculationsschema aus Glas verfertigt; vier Kautschukballons treiben die das Blut ersetzende blaue Lakmustinctur. In der Lunge wird die Tinctur durch eine sehr einfache Manipulation roth, während in dem Circulationsbereich der Organe wieder die blaue Färbung hervortritt.

17) Ich habe das Weber'sche Blutcirculationsschema modificirt, so dass die entstehende negative und positive Welle auch einem grossen Auditorium zu demonstriren ist.

18) Ich construirte einen kleinen Behälter, mittelst welchem man den Schatten des pulsirenden Herzens durch die Duboscq'sche Lampe projiciren kann; er ist auch geeignet zur Demonstration des Rhythmus der Zusammenziehung der Herzkammern, sowie des Hervortretens der Herzspitze; endlich kann der kleine Apparat auch zur Demonstration des Einflusses der Wärme auf die Zahl der Herzschläge benutzt werden.

Ich muss noch bemerken, dass ich den modificirten Sphygmographen mit seiner unter dem Uhrwerke befindlichen Kautschukplatte an einem Gestell befestigte und von sämmtlichen erreichbaren Arterien des menschlichen Körpers Curven aufnahm.

19) Ich wandte auch die Feder zur graphischen Aufnahme des Herzstosses während und unter Sistirung der Athmung an, wie schon Marey und Landois thaten, und erhielt schöne pneumo- und cardiographische Curven, die auf Taf. III abgebildet sind.

Die Figuren der Taf. III sind, mit Ausnahme der ersten, welche eine Radialcurve ist, sämmtlich cardio-pneumographische Curven. Fig. 1 ist die Radialcurve eines jungen Mannes bei Athmungspause. Fig. 2*a* ist eine cardiographische Curve bei demselben Manne, bei sehr oberflächlicher Athmung; *b*: bei tieferer Athmung; Fig. 4: bei sehr tiefer Athmung. In jeder Figur bedeutet I = Inspiration und E = Exspiration.

Ueber die Principien und die Methode der mikroskopischen Untersuchung des Wassers.

Von

Prof. Dr. **L. Hirt**
in Breslau.

Die mikroskopische Untersuchung des Wassers hat zunächst den Zweck, die Resultate der chemischen Analyse zu controliren resp. zu bestätigen, dann aber auch in zweiter Reihe, sie zu ergänzen und zu erweitern. Wenn der Chemiker uns mittheilt, dass in dem untersuchten Wasser eine so und so grosse Menge „organischer Substanzen“ enthalten sind, so müssen wir mit dieser Angabe, auch wenn wir nicht wissen, welcher Art diese Substanzen sind, nothgedrungen zufrieden sein; der Mikroskopiker dagegen ist im Stande, uns über die Natur derselben, namentlich ihr morphologisches Verhalten, ins Klare zu setzen. Mögen wir nun auch augenblicklich noch nicht in der Lage sein, zu entscheiden, welchen Einfluss auf die Gesundheit des Menschen gewisse faulige Beimengungen des Wassers ausüben, ob sie überhaupt und nach welcher Hinsicht sie schädlich sind, so erscheint es doch nicht bloss vom wissenschaftlichen Standpunkte aus interessant, sondern auch von dem des Praktikers aus geboten, diese Beimengungen möglichst eingehend zu studiren. Nur auf Grund fortgesetzter mikroskopischer Untersuchungen des Wassers, mit welchen unter Umständen das Thierexperiment zu verbinden sein wird, können wir hoffen, die verschiedenen, ihrem Wesen nach grösstentheils noch unbekannten Krankheitskeime zu erkennen.

Dass man der mikroskopischen Wasseruntersuchung im Vergleich zur chemischen Analyse fast überall einen nur untergeord-

neten Werth beimisst, hat seinen Grund hauptsächlich in der Thatsache, dass der Mikroskopiker bei Angabe seiner Untersuchungsresultate nicht wie der Chemiker über gewisse allgemein angenommene Grenzwerthe, welche zur Charakteristik der Wasserqualität ausreichen, verfügt, sondern dass er sich einfach auf die Mittheilung des jedesmaligen Befundes beschränken muss, wobei es Jedem eben überlassen bleibt, sich von der Güte oder dem Verunreinigungsgrade der untersuchten Wasserprobe ein beliebiges Bild zu entwerfen. Die Unsicherheit in der Deutung der mikroskopischen Befunde war und ist jetzt noch die Hauptursache, die ganze Untersuchung wenn auch nicht mit misstrauischem Auge zu betrachten, so doch in ihrem Werthe stark zu unterschätzen. Trägt man nun nebenbei noch dem Umstande Rechnung, dass auch die Untersuchungsmethode noch keine sehr vollkommene zu sein scheint, so bedarf die noch lange nicht genügende Würdigung der mikroskopischen Wasseranalyse keiner weiteren Erklärung.

Es ist nun der Zweck der nachfolgenden Zeilen, erstens die gewöhnlicheren mikroskopischen Süsswasserbefunde ihrer, ich möchte sagen hygienischen Bedeutung nach zu erörtern und in zweiter Reihe einige Worte über die dabei zu befolgende Untersuchungsmethode hinzuzufügen.

Der besseren Uebersichtlichkeit wegen empfiehlt es sich, die sich uns unter dem Mikroskop darbietenden Organismen resp. organischen Beimengungen des Wassers in bestimmte Gruppen zu theilen, und kann man mit F. Cohn deren vier annehmen, nämlich 1) die Bacterien, 2) die sog. Saprophyten, 3) die Algen und Diatomeen und 4) die Infusorien; als (nicht constanter) Appendix müssten 5) zufällige Verunreinigungen resp. Beimischungen figuriren.

Was nun erstens die Bacterien betrifft, so muss man dieselben als Fäulnisserreger oder Fäulnissfermente betrachten (F. Cohn); sowie Alkoholgährung nur durch Hefenpilze, so wird Fäulniss einzig und allein durch Bacterien veranlasst. Je mehr fäulnissfähige Stoffe vorhanden sind, je intensiver der Fäulnissprocess vor sich geht, um so massenhafter sind die Bacterien vorhanden, und ihre Menge kann so bedeutend werden, so dicht können sie die Flüssigkeit erfüllen, dass diese trübe, milchig, undurchsichtig

wird. Ist die organische Substanz, welche ihnen zur Nahrung dient, mehr oder weniger vollständig verzehrt, so tritt ein Stillstand in der Fäulniss ein, die Zahl der Bacterien nimmt ab, die Flüssigkeit klärt sich wieder (F. Cohn). Vereinzelte Bacterien sind allerdings fast immer nachzuweisen, ihre Keime finden sich sicher in jedem Wasser, aber Bacterienschwärme sieht man nur in faulendem. Hieraus ergiebt sich der Maassstab für die Beurtheilung der Güte des Wassers, wenn man Bacterien darin nachweisen kann. — Ueber die Bestimmung der einzelnen Arten resp. Formenkreise derselben verweise ich auf die grundlegenden, allgemein bekannten Arbeiten von Prof. F. Cohn in den verschiedenen Heften seiner „Beiträge zur Biologie der Pflanzen" (Breslau 1870—78).

Unter den im Wasser vorkommenden Organismen giebt es zweitens eine Anzahl, welche man als Saprophyten bezeichnet; es sind nämlich solche, welche zwar nicht selbst (wie die Bacterien) Fäulniss erregen, welche sich aber von Fäulnissproducten nähren und daher Orte, wo sich organische Körper zersetzen, ganz besonders lieben („saprophile"). Hierher gehören vor allem die Wasserpilze (Leptothrix, Cladothrix, Sphaerotilus natans) und dann einzelne Infusorien, welche sich im Wasser von faulenden Thier- und Pflanzenstoffen ernähren (Paramecium, gewisse Amoeben, Glaucoma, Vorticella, Monas). Bei der Beurtheilung der Güte des Wassers wird vorzugsweise auf die Menge der Saprophyten Rücksicht zu nehmen sein, da aus dem Vorkommen einzelner Exemplare wenig oder nichts zu schliessen ist; eine beschränkte Anzahl vereinzelter findet sich bisweilen in gutem Wasser.

Von den an dritter Stelle namhaft gemachten grünen Algen und Diatomeen gilt zuvörderst, dass sie in jedem der Luft ausgesetzten Wasser vorkommen und an sich keinen Schluss auf die Beschaffenheit des Wassers gestatten; da sie sich von anorganischen Stoffen ernähren, so deutet ihre Anwesenheit nicht im entferntesten auf das Vorhandensein fäulnissfähiger Substanzen hin; wenn sie sich zu rasch und anhaltend vermehren, können sie jedoch selbst durch Absterben zu Fäulnissprocessen Veranlassung geben. Gänzliches Fehlen der Algen und Diatomeen deutet

dagegen oft darauf hin, dass Fäulnissprocesse im Wasser vor sich gehen, wie es denn eine bekannte Thatsache ist, dass sich diese Organismen in faulendem Wasser nicht nur nicht ernähren, sondern überhaupt nicht darin existiren können.

Hinsichtlich der *Infusorien* endlich haben wir bereits erwähnt, dass sich einige unter ihnen von Saprophyten ernähren. Andere, hauptsächlich den sog. Wimperinfusorien angehörig, leben von grünen und braunen Algen, so z. B. Paramecium Aurelia, Oxytricha Epistylis, Chilodon, auch das Räderthier Rotifer vulgaris u. a. m. Die Anwesenheit dieser, namentlich wenn ihrer nur eine beschränkte Anzahl vorhanden ist, berechtigt demnach durchaus noch nicht zu der Ansicht, dass man es mit einem schlechten Wasser zu thun habe. Anders gestaltet sich die Sache, wenn man Geisselinfusorien, die sog. Flagellata, in grosser Menge wahrnimmt. Diese leben grösstentheils von gelösten organischen Stoffen und dürfen in der Mehrzahl ihrer Vertreter (Monas, Chilomonas, Peranema, Euglena), denen sich dann fast immer noch gewisse Wimperinfusorien (Glaucoma, Colpoda, Paramecium putrinum) zugesellen, als Fäulnissinfusorien κατ' ἐξοχὴν angesehen werden. Ein in der beschriebenen Weise reich entwickeltes Thierleben deutet regelmässig auf die Anwesenheit starker Verunreinigungen hin.

Was nun endlich die nur *zufälligen Beimengungen* betrifft, so lässt sich hierüber Allgemeines eben nicht sagen; dieselben gehören theils dem Thierreiche oder Pflanzenreiche an, theils sind sie anorganischer Natur. Ob sie im concreten Falle für die Beurtheilung der Güte des Wassers etwas zu bedeuten haben, *wie* man sich ihre Anwesenheit zu erklären hat, muss dem Ermessen und der Einsicht des Experten überlassen bleiben.

Wendet man nun die hier kurz entwickelten Principien auf die Praxis an, so ergiebt sich die Berechtigung, die Wässer vom Standpunkte der hygienisch-mikroskopischen Untersuchung aus in einzelne, wir wollen sagen drei, durch die jedesmaligen Befunde bedingte Classen zu theilen.

1) *Reines, durchaus geniessbares Wasser.* In solchem sind weder im frischen Zustande noch nach 3—5tägigem Stehen irgend welche Organismen nachzuweisen; auch da, wo sich

im Gefässe allmählich ein ganz schwacher Absatz (Niederschlag) bildet, der aus Diatomeenschalen oder vereinzelten Algen besteht, ist Reinheit des Wassers anzunehmen. Finden sich Algen und Diatomeen etwas zahlreicher, so dass sie für einzelne Infusorien hinreichende Nahrung gewähren, so kann das Wasser zwar immer noch als geniessbar gelten, kann jedoch selbstredend auf die Bezeichnung „rein" keinen Anspruch mehr machen.

2) Verdächtiges Wasser. Hier bieten die Saprophyten (Wasserpilze, Sphaerotilus natans, Leptothrix, die unter dem Namen Anthophysa Muelleri bekannte gestielte Monade), grössere Infusorien, auch wohl zufällige Beimengungen (Haar-Wollpartikelchen, Theilchen von Coniferenholz u. dergl.) den für die Beurtheilung maassgebenden Befund.

3) Faulendes, durchaus ungeniessbares Wasser. In solchem finden sich ausnahmslos Massen von Bacterien (auch in Zoogloeaform), daneben Saprophyten und Infusorien. Die organischen Beimengungen, namentlich die Bacterien, bedingen oft, wie bereits oben erwähnt, eine mehr oder minder stark auftretende Trübung („Bacterientrübung") der Flüssigkeit. Eine dieser Trübung ähnliche, jedoch oft schon makroskopisch von ihr unterscheidbare, kann aber auch, wie wir beiläufig bemerken wollen, durch anorganische Beimengungen (z. B. von Eisenoxydul) veranlasst werden, und es wäre zum mindesten voreilig, ein trübes Wasser ohne weiteres d. h. ohne mikroskopische Untersuchung für faulendes erklären zu wollen. (Vergl. hierzu die Arbeit von F. Cohn in Heft I der oben citirten Beiträge S. 111 ff.)

So viel von den mikroskopischen Befunden und ihrer Deutung. Eine lange Reihe von Untersuchungen, welche im Auftrage des Breslauer Magistrates von mir — oft genug unter freundlicher Beihilfe von Herrn Prof. F. Cohn — mit dem Wasser der Oder vorgenommen wurden, haben mich darüber belehrt, dass die mitgetheilten Punkte für die Beurtheilung der Güte des Wassers in der grossen Mehrzahl der Fälle ausreichen; einen nicht zu unterschätzenden Beweis für die Richtigkeit dieser Beurtheilung habe ich aus dem Umstande entnommen, dass sich wesentliche Differenzen zwischen den mikroskopischen und chemischen Untersuchungsresultaten fast

nie vorfanden, obgleich beide Analysen an verschiedenen Orten (natürlich immer zu derselben Zeit) vorgenommen wurden. —

Nun zum Schluss noch ein Wort über die Methode der Untersuchung; dieselbe ist in dem phytophysiologischen Institute des Prof. F. Cohn hier, folgende:

In sorgfältig gereinigten, etwa 200g fassenden, ziemlich enghalsigen Flaschen wird das zu untersuchende Wasser aufbewahrt; den Verschluss der Flaschen bilden stets Baumwollenstöpsel, welche zwar dem für die Entwicklung im Wasser etwa vorhandener Keime erforderlichen Sauerstoff den Eingang gestatten, fremde, in der Luft enthaltene Verunreinigungen aber fernhalten. Die erste, bald nach dem Füllen vorgenommene Untersuchung hat einzelne Wassertropfen, welche mit einem sorgfältig gereinigten Glasstabe auf den Objectivträger gebracht werden, zum Gegenstande; hierbei wird je nach Bedürfniss eine 400—1000fache Vergrösserung in Anwendung gebracht. Von jeder Wasserprobe werden frisch etwa 20—30 Tropfen untersucht. — Die zweite, der Zeit nach vom 2. bis 6. Tage nach dem Schöpfen wechselnde Untersuchung erstreckt sich erstens auf den Absatz (Niederschlag), der sich im Wasser in Folge des Stehens gebildet hat, und zweitens auf das auf der Oberfläche der Flüssigkeit etwa entstandene Häutchen. Von dem bezüglich der Menge, Beschaffenheit (flockig, körnig, pulverig etc.) und Farbe äusserst wechselnden Niederschlage wird mit Hilfe einer Pipette ein kleines Quantum auf den Objectivträger gebracht und mit der entsprechenden (250—400fachen) Vergrösserung untersucht, nachdem das überschüssige Wasser durch sorgfältige Anwendung von Fliesspapier entfernt wurde; ein Gleiches gilt von dem erwähnten Häutchen, dessen genaue Untersuchung für die Beurtheilung des Wassers oft sehr wichtig ist. Aus jeder einzelnen Wasserprobe werden von dem Niederschlage und dem Häutchen 30—40 Präparate angefertigt und so lange untersucht, bis man über den allgemeinen Charakter derselben ins Klare gekommen ist; erst dann geht es an die (für den Hygieniker eher entbehrliche) detaillirte Bestimmung der einzelnen Organismen, die Feststellung der Algen und Diatomeenspecies, der Infusorien etc. Die hierzu erforderlichen Kenntnisse, welche theils der Botanik,

theils der Zoologie angehören, können natürlich nur durch längere Uebung und methodischen Unterricht erlangt werden. —

Wenn ich nun auch selbst zugeben muss, dass die geschilderte Methode der mikroskopischen Untersuchung des Wassers noch unvollkommen ist, dass sie unter mancherlei Einwänden besonders den zu entkräften nicht vermag, dass die wirklich untersuchte Wasser- resp. Niederschlagsmenge doch immer nur sehr gering ist im Vergleich zu dem ganzen für die Untersuchung bestimmten Quantum, so kann ich doch andererseits versichern, dass gröbere Irrthümer, wenn man in der geschilderten Weise untersucht und urtheilt, nicht vorkommen, und man wird gut thun, sich, so lange Besseres nicht vorhanden, getrost der beschriebenen Methode zu bedienen. Dass die mikroskopische Untersuchung des Wassers, wenn anders aus den Resultaten weittragende, praktisch bedeutsame Schlüsse gezogen werden sollen, immer mit der chemischen verbunden sein muss, bedarf keiner Erwähnung; dass sie aber andererseits bedeutend unterschätzt wird, unterliegt ebenfalls keinem Zweifel. Beide Untersuchungen haben gleiche Berechtigung, und auf zuverlässige Resultate ist nur da zu zählen, wo beiden gleiche Würdigung zu Theil wird.

Ueber den Kohlensäuregehalt im Geröllboden von München.

Von

Dr. med. **Gustav Wolffhügel,**

I. Assistent des hygienischen Instituts und Docent an beiden Hochschulen in München.

Die Beobachtungszahlen der Grundluftstation des hygienischen Instituts aus den Jahrgängen 1871 und 1872 hat Herr Geheimrath v. Pettenkofer in der Zeitschrift für Biologie Bd. 7 S. 400 und Bd. 9 S. 252 veröffentlicht. Seit der letzten Mittheilung ist besonders von Fleck und v. Fodor auf die Schwierigkeit hingewiesen worden, aus dem Kohlensäuregehalte und seinen zeitlichen Schwankungen bestimmte Schlüsse zu ziehen über den Grad der Imprägnirung des Bodens mit organischen Stoffen und über den Verlauf der Zersetzungsvorgänge.

In der That haben die bis jetzt vorliegenden Erfahrungen mancherlei Widersprüche gegenüber der bisherigen Annahme ergeben, und ist dadurch das Vertrauen auf die Grundluftuntersuchung als Mittel und Weg zur Erkenntniss der örtlichen und zeitlichen Disposition für Cholera und Typhus etwas geschwächt worden[1]). Nichtsdestoweniger rechtfertigen die Einwände von Fleck und v. Fodor es noch nicht, diesen Gang der hygienischen Forschung schon aufzugeben. Wenn auch die Verhältnisse, unter welchen die Kohlensäure im Boden entsteht und sich anhäuft oder durch Absorption und Ventilation der Beobachtung sich zum Theil entzieht, noch so complicirt erscheinen, dass man vorerst aus dem Kohlensäuregehalte und seinen zeitlichen Schwankungen auf die

---

1) Vergl. G. Wolffhügel, die Grundluft und ihr Kohlensäuregehalt. Aerztl. Intelligenzbl. 1879 Nr. 4 und 5.

Intensität der Kohlensäureproduction und des Zersetzungsprocesses im Boden nicht ohne weiteres schliessen darf, so kann dieser Mangel eines näheren Einblicks nur anregen, die Bedingungen der Kohlensäurebildung, der Anhäufung und des Verlustes durch den Laboratoriumsversuch isolirend zu studiren, was auch J. Rosenthal auf der Naturforscherversammlung 1877 als wünschenswerth betont hat.

Es scheint mir durchaus verfehlt, dass man schon nach kurzer Beobachtungszeit entmuthigt ein Versuchsfeld verlässt, weil es kein sofortiges Resultat oder kein Resultat von praktischer Bedeutung in Aussicht stellt. Die Hygiene darf als wissenschaftliche Disciplin, wenn auch die Erkenntniss von Naturerscheinungen ihr scheinbar nur in einer praktischen Richtung zur Aufgabe gemacht ist, sich nicht verleiten lassen, in der Wahl des Weges ihrer Forschung lediglich den Nutzen für die präventive Medicin als Richtschnur zu nehmen. Wissenschaftliche Thatsachen erlangen von selbst mit der Zeit praktische Bedeutung, wenn sie auch bei ihrem Entstehen noch keineswegs verwerthbar erscheinen.

In dieser Ueberzeugung wird das hygienische Institut in München die Grundluftuntersuchung fortsetzen und das Beobachtungsmaterial wie bisher in der Zeitschrift für Biologie niederlegen. Mir stehen die Beobachtungszahlen der Jahrgänge 1873 bis 1876 zur Verfügung[1]). Da in den erwähnten früheren Mittheilungen eine Beschreibung der Versuchsanordnung gegeben und auch das zum Verständniss des Resultates Nöthige vorausgeschickt ist, gebe ich zu den Versuchszahlen nur wenige erläuternde Bemerkungen und glaube mich der Beurtheilung der Kohlensäureschwankungen um so eher enthalten zu dürfen, als es dringend geboten erscheint, nicht allein das Ergebniss der Laboratoriumsversuche bezüglich der den Kohlensäuregehalt vermehrenden und vermindernden Verhältnisse abzuwarten, sondern auch sich, vielleicht auf Jahre hinaus, mit dem einfachen Registriren des Beobachtungsmaterials vorerst zu begnügen.

---

1) Bis zum September 1873 hat Herr v. Gässler die Beobachtungen gemacht, seit August 1876 verwaltet Herr Dr. Renk die Grundluftstation.

I. Vergleichende Uebersicht der Monats-Mittel.

		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.
1 8 7 1.													
Grundwasser	m	5,851	5,580	5,484	5,685	5,605	5,765	5,816	5,896	6,067	6,142	6,265	6,358
Atmosphär. Niederschlag	m	23,86	18,36	22,29	41,68	26,82	40,64	64,67	27,75	6,36	32,98	20,57	7,70
Kohlensäure i. Boden 1½ m	°/₀₀	2,50	2,42	2,78	2,43	5,40	7,70	8,80	19,3	9,93	4,18	5,47	4,12
Kohlensäure i. Boden 4 m	°/₀₀	3,46	4,17	4,10	4,49	5,77	6,36	8,07	16,13	14,01	6,46	6,69	6,04
Temperatur im Freien .	°C.	— 5,25	+ 1,75	5,11	8,95	11,49	14,64	20,10	18,92	6,26	17,02	— 0,05	— 8,36
Temperatur i. Boden 1½ m	°C.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Temperatur i. Boden 3 m .	°C.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 8 7 2.													
Grundwasser	m	6,288	6.200	6.009	6,172	6,119	5,702	5,729	5,590	6,068	6,223	6.276	6,289
Atmosphär. Niederschlag	m	12,31	13,11	6,32	25,48	65,38	64,06	35,16	58,36	16,06	16,95	26,27	21,02
Kohlensäure i. Boden 1½ m	°/₀₀	3.86	4.17	3,59	5,64	8,77	11,98	14,54	10,31	11,16	8.22	3,83	3,41
Kohlensäure i. Boden 4 m	°/₀₀	5,31	5,36	6,55	7.82	11,81	18,71	26,11	19,72	17,28	12,33	8,10	6,40
Temperatur im Freien .	°C.	— 2,25	— 0.5	+ 6,0	10,52	14,28	17,16	24,25	17,6	16,31	10,61	5,4	— 1,29
Temperatur i. Boden 1½ m	°C.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Temperatur i. Boden 3 m .	°C.	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
1 8 7 3.													
Grundwasser	m	6,194	6.258	6,086	6,058	6,066	5,731	5,679	5,764	5,907	6,110	6,215	6,276
Atmosphär. Niederschlag	m	2,98	22,58	14,43	23,82	54,21	58,52	33,14	76,08	29,22	20,33	14,37	6,25
Kohlensäure i. Boden 1½ m	°/₀₀	3,49	3,64	2,92	5,00	3,40	5,42	8,79	11,86	12,23	12,54	12,36	6,86
Kohlensäure i. Boden 4 m	°/₀₀	6,82	6,79	5,12	7,69	5,48	6,76	9,55	15,99	17,45	18,67	16,89	10,07
Temperatur im Freien .	°C.	1,45	— 1,5	+ 6,7	8,3	15,5	17,9	21,9	20,6	14,1	10,7	3,4	— 1,6
Temperatur i. Boden 1½ m	°C.	—	—	—	8,2	7,6	9,6	12,4	14,4	13.9	12.7	10,2	7,6
Temperatur i. Boden 3 m .	°C.	—	—	—	7,2	7,2	8,0	9,3	10,8	11,6	11,6	10,9	9,5

1 8 7 4.

		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.
Grundwasser	m	6,326	6,334	6,246	6,165	5,716	5,663	5,898	6,047	6,176	6,301	6,339	6,340
Atmosphär. Niederschlag	m	6,45	9,96	12,66	31,79	64,39	36,75	28,81	37,65	19,93	11,52	26,07	24,90
Kohlensäure i. Boden $1\frac{1}{2}$ m	‰	3,82	4,10	3,84	4,49	5,77	6,64	8,93	10,33	10,12	9,45	7,85	4,92
Kohlensäure i. Boden 4 m	‰	7,03	6,42	5,66	5,67	5,62	5,66	8,96	11,45	13,67	14,54	13,09	7,67
Temperatur im Freien .	°C.	— 0,35	— 3,56	+ 3,72	10,55	10,77	18,76	23,06	17,31	17,05	9,95	— 2,22	— 2,42
Temperatur i. Boden $1\frac{1}{2}$ m	°C.	5,5	4,4	4,2	6,5	7,9	10,6	13,6	14,2	14,6	13,5	10,5	7,2
Temperatur i. Boden 3 m .	°C.	7,7	6,4	5,6	5,7	6,4	7,5	10,3	12,0	12,4	12,7	12,2	9,6

1 8 7 5.

		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.
Grundwasser	m	6,260	6,165	5,917	5,747	5,917	6,027	6,001	6,058	6,188	6,180	6,023	5,779
Atmosphär. Niederschlag	m	20,33	12,95	5,16	21,54	33,96	44,54	44,54	30,20	21,80	51,36	42,18	13,62
Kohlensäure i. Boden $1\frac{1}{2}$ m	‰	2,30	3,08	3,06	2,93	4,06	5,89	8,11	9,32	11,68	8,16	5,60	3,96
Kohlensäure i. Boden 4 m	‰	3,51	4,56	4,03	3,14	4,30	6,70	10,34	13,94	17,96	12,25	10,87	9,06
Temperatur im Freien .	°C.	+ 0,56	— 5,44	+ 0,54	1,60	16,71	19,69	19,36	20,84	14,81	6,62	2,62	3,82
Temperatur i. Boden $1\frac{1}{2}$ m	°C.	5,0	4,1	3,5	5,0	8,4	11,2	12,7	13,6	14,1	12,5	8,7	5,8
Temperatur i. Boden 3 m .	°C.	7,5	6,4	5,8	5,4	6,6	8,4	10,1	11,3	12,2	12,2	10,7	9,0

1 8 7 6.

		Januar	Februar	März	April	Mai	Juni	Juli	August	Septbr.	Octbr.	Novbr.	Decbr.
Grundwasser	m	5,579	5,667	5,086	5,010	4,998	5,227	5,215	5,424	5,568	5,682	5,819	5,837
Atmosphär. Niederschlag	m	11,54	27,43	51,78	37,99	37,15	51,76	26,44	26,14	35,68	7,11	29,70	20,96
Kohlensäure i. Boden $1\frac{1}{2}$ m	‰	4,42	3,78	3,02	3,65	5,54	7,34	8,32	11,38	6,00	7,27	5,84	4,29
Kohlensäure i. Boden 4 m	‰	7,62	6,52	4,66	4,60	7,38	6,93	9,62	17,49	14,48	12,83	11,25	8,35
Temperatur im Freien .	°C.	— 4,80	+ 1,42	4,99	10,26	10,46	18,52	20,54	20,1	14,35	11,2	0,99	2,46
Temperatur i. Boden $1\frac{1}{2}$ m	°C.	4,3	2,8	3,8	5,8	7,1	6,8	11,5	14,0	13,3	13,0	10,0	7,8
Temperatur i. Boden 3 m .	°C.	7,3	6,0	5,3	5,4	6,4	7,6	9,0	11,0	11,8	11,9	11,4	9,8

In der vorstehenden Tabelle ist der mittlere Grundwasserstand nach den Messungen am Brunnen im physiologischen Institut gegeben, die absolute Regenmenge und die mittlere Tagestemperatur im Freien sind den Aufzeichnungen der kgl. Sternwarte zu Bogenhausen bei München entnommen.

Auch für die folgende Zusammenstellung der einzelnen Beobachtungen liess es sich nicht vermeiden, zur Ergänzung die Berichte der Sternwarte beizuziehen; wir mussten denselben den atmosphärischen Niederschlag durchweg entnehmen, die Barometerstände bis zum October 1873 und die Temperatur im Freien zur Zeit des Versuchs bis zum December 1874. Erst im Jahre 1879 wird das hygienische Institut durch Einrichtung einer Beobachtungsstelle in Stand gesetzt sein, die meteorologischen Daten nach eigener Ablesung aufzuzeichnen und durch Aufstellung eines Anemometers auch die Windstärke zu berücksichtigen.

Unsere Beobachtungen der Bodentemperatur beginnen im April 1873. Die Thermometer, nach Lamont für diesen Zweck construirt, sind etwa 2^m von der Grundluftstation entfernt in den Boden eingelassen.

Vom December 1874 bis August 1875 habe ich die zeitlichen Schwankungen des Kohlensäuregehaltes der atmosphärischen Luft in Untersuchung gezogen und denselben sowohl dicht über der Bodenoberfläche als auch $4{,}3^m$ über dem Boden bestimmt. Durch diese Beobachtungen hoffte ich über die Beziehung des Kohlensäuregehaltes der atmosphärischen Luft zur Grundluftkohlensäure Aufschluss zu erhalten, unsere Station hat sich aber wegen ihres geringen Kohlensäuregehaltes nicht als geeignet für diese Versuche erwiesen. Auch mag die Weitmaschigkeit der Poren des Münchener Gerölles wegen des leichteren Ausgleiches der Luftdruckschwankungen im Boden zum Studium der Bodenventilation sich weniger empfehlen als der an Kohlensäure überaus reiche feinporige Mergelthon zu Klausenburg, in welchem von Fodor nach beiden Richtungen zu einem Resultate gekommen ist.

II. Einzelne Beobachtungen.

Datum			Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden $^1/_2$ m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden $1^1/_2$ m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
			par. Lin.	° R.	° C.	° C	pro mille	pro mille	pro mille	pro mille	p. Lin.	Meter
1872	2.	Novbr.	316,82	3,5	—	—	10,82	7,09	—	—		6,265
	4.		319,28	4,1	—	—	9,16	2,92	—	—	0,74	6,268
	7.		320,78	7,9	—	—	8,51	2,42	—	—	0,15	6,284
	9.		320,00	6,1	—	—	8,60	3,29	—	—		6,279
	11.		312,78	1,3	—	—	7,96	3,34	—	—	4,60	6,255
	13.		311,36	— 0,1	—	—	8,03	2,81	—	—	3,86	6,272
	15.		315,00	0,0	—	—	8,61	3,28	—	—	0,34	6,275
	18.		316,30	— 0,5	—	—	8,59	4,64	—	—		6,283
	20.		315,42	+ 3,2	—	—	7,49	—	—	—	0,92	6,279
	22.		316,89	1,7	—	—	6,50	5,17	—	—		6,272
	25.		316,19	1,0	—	—	7,15	4,23	—	—		6,278
	28.		316,37	8,0	—	—	5,84	2,98	—	—	0,31	6,290
	2.	Decbr.	313,49	3,1	—	—	6,80	3,72	—	—		6,299
	4.		309,34	3,3	—	—	7,07	4,07	—	—		6,303
	6.		316,43	— 0,3	—	—	7,07	3,71	—	—	1,17	6,312
	10.		312,64	1,0	—	—	6,04	2,36	—	—		6,311
	13.		318,70	— 3,7	—	—	6,54	2,93	—	—	3,44	6,304
	16		315,98	— 0,1	—	—	6,64	4,01	—	—		6,309
	18.		315,84	+ 0,4	—	—	6,24	3,51	—	—	3,18	6,292
	20.		315,66	— 0,5	—	—	6,25	3,05	—	—		6,299
	23.		318,02	+ 0,3	—	—	5,84	2,95	—	—	0,20	6,275
	27.		319,58	— 2,3	—	—	6,50	3,85	—	—		6,259
1873	2.	Januar	317,80	0,0	—	—	6,38	4,40	—	—	0,48	6,200
	4.		320,35	— 1,3	—	—	6,22	4,07	—	—	0,37	6,196
	7.		321,19	— 2,3	—	—	6,20	3,49	—	—		6,188
	10.		319,34	— 3,5	—	—	6,57	4,52	—	—		6,179
	14.		321,44	+ 5,5	—	—	7,08	2,81	—	—		6,180
	16.		320,14	1,4	—	—	7,25	3,45	—	—		6,176
	20.		307,17	3,1	—	—	7,29	3,92	—	—	0,27	6,186
	22.		310,92	— 0,3	—	—	6,54	1,69	—	—	0,04	6,190
	24.		313,46	— 3,2	—	—	6,96	2,55	—	—	0,11	6,198
	28.		316,48	— 4,6	—	—	6,89	3,94	—	—		6,219
	30.		317,96	— 2,5	—	—	7,66	3,54	—	—		6,223
	3.	Februar	314,89	— 3,7	—	—	6,50	4,35	—	—		6,218
	5.		318,47	— 0,8	—	—	6,81	4,36	—	—	0,15	6,248
	7.		312,80	+ 0,1	—	—	6,48	4,59	—	—		6,253
	14.		316,27	— 3 7	—	—	6,81	3,50	—	—	0,55	6,260

Datum	Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden ½ m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 1½ m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
	par. Lin.	° R.	° C.	° C.	pro mille	pro mille	pro mille	pro mille	p. Lin.	Meter
1873 17. Februar	323,51	— 4,5	—	—	9,38	3,36	—	—		6,267
19.	324,71	— 5,4	—	—	—	3,71	—	—		6,289
28.	312,78	+ 0,8	—	—	4,81	1,63	—	—	4,78	6,195
4. März	316,45	2,8	—	—	4,45	1,96	—	—	1,01	6,179
7.	316,69	0,7	—	—	4,85	2,37	—	—	1,70	6,134
10.	315,83	3,3	—	—	5,21	2,50	—	—	0,70	6,106
12.	311,18	1,5	—	—	5,42	1,89	—	—	0,25	6,089
14.	312.24	2,0	—	—	4,76	2,03	—	—	0,22	6,075
16.	316,73	— 0,2	—	—	5,09	2,81	—	—		6,067
20.	312,08	+ 3,5	—	—	5,47	3,27	—	—	1,17	6,060
22.	316,30	3,0	—	—	5,05	4,03	—	—	0,18	6,036
25.	318,52	5,4	—	—	5,06	3,97	—	—		6,033
28.	316,95	7,0	—	—	5,85	4,39	—	—		6,033
3. April	318,66	6,8	—	—	6,65	4,00	—	—		6,051
8.	315,02	2,2	—	—	7,25	4,82	—	—		6.037
18.	313,01	10,5	—	—	7,10	5,27	—	—		6,063
22.	315,62	7,3	—	—	7,44	4,29	—	—	0,59	6,059
24.	313,84	1,1	—	—	8,41	6,06	—	—	1,17	6,086
28.	315,28	2,1	—	—	9,04	5,97	—	—	0,15	6,089
30.	318,10	0,0	8,2	7,2	7,98	4,62	—	—	1,25	6,091
5. Mai	316,14	5,1	7,4	7,1	5,60	3,66	—	—		6,042
8.	315,37	6,7	7,3	7,0	5,37	3,65	—	—	1,10	6,085
12.	318,92	9,0	7,4	7,1	4,98	3,23	—	—		6,113
16.	316,76	8,3	7,5	7,1	5,23	2,62	—	—		6,083
20.	316,71	7,0	7,7	7,2	5,12	3,18	—	—	2,71	6,101
23.	318,36	10,1	8,2	7,4	5,03	3,16	—	—	0,44	6.078
29.	318,56	6.8	8,5	7,4	6,15	3,53	—	—	1,66	6,014
31.	316,79	6,9	8,4	7.5	6,35	4,24	—	—	0,07	6,010
6. Juni	316,29	10.8	8,7	7,5	5,49	4,19	—	—	3,57	5,947
9.	318,47	8,0	8,9	7,6	6,21	5.00	—	—		5,905
11.	316,68	5,1	9.1	7,6	6,24	4,98	—	—		5,900
13.	313,78	10,6	9,3	7,7	6,37	5,24	—	—	6,62	5,855
19.	319,09	13,8	9,5	8,0	7,22	5,17	—	—	0,18	5,620
20.	319,83	14,7	10,0	8,0	7,19	5,16	—	—	4,16	5,594
26.	318.40	10,3	10.5	8,4	6,90	5,73	—	—	3,42	5,584
28.	319,59	14,8	10,8	8,5	7.64	6,93	—	—	0,05	5,551
30.	317,11	19,4	10,7	8,5	7,62	6,44	—	—		5,551
3. Juli	318,82	14.6	11,3	8,7	7,35	7.14	—	—		5,562

Datum		Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden ½ m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 1½ m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
		par. Lin.	°R.	°C.	°C.	pro mille		pro mille		p. Lin.	Meter
1873	8. Juli	319,22	18,6	11,7	9,1	7,68	7,31	—	—		5,601
	12.	316,57	21,4	12,2	9,0	7,73	7,67	—	—	2,80	5,638
	14.	317,18	18,5	12,8	9,2	7,68	7,51	—	—	2,17	5,644
	16.	319,34	12,3	12,9	9,3	7,63	7,53	—	—	2,50	5,666
	22.	320,03	17,2	13,0	9,0	13,98	10,47	—	—		5,749
	24.	317,72	15,9	13,0	10,0	14,86	13,93	—	—		5,772
	2. August	319,14	13,7	13,9	10,6	14,64	11,26	—	—	20,32	5,892
	6.	318,41	17,0	14,4	10,4	15,16	11,81	—	—		5,848
	11.	318,99	11,3	13,9	10,5	15,58	11,72	—	—	0,11	5,833
	18.	318,30	15,6	14,2	10,7	17,11	12,92	—	—		5,662
	25.	318,45	16,6	14,4	11,3	16,17	11,79	—	—	0,41	5,721
	27.	318.98	15,6	14.4	11,2	17,31	11,70	—	—	0,62	5,763
	5. Septbr.	318,01	9,5	14,7	11,5	16,97	12,63	—	—	1,44	5,848
	11.	317.88	11,5	14,1	11,8	17,74	12,73	—	—	1,84	5,883
	16.	315,80	8,3	14,3	11,7	17,45	14,43	—	—	0,52	5,900
	20.	320,72	10,6	13,6	11,1	17,66	9,15	—	—	0,25	5,916
	2. October	724 mm	12,7	13,0	11,9	10,22	5,72	—	—		6,030
	6.	724,5	10,2	13,1	11,7	9,74	6,84	—	—	0,78	6,059
	9.	723	5,8	13.2	11,6	8,57	7,01	—	—	7,29	6,070
	13.	723	7,3	13,0	11,6	9,52	5,93	—	—		6,092
	16.	723	7,4	12,9	11,6	11,34	8,67	—	—	2,69	6.126
	20.	725	6,5	12,6	11,6	9,64	7,63	—	—		6,157
	23.	723	6,0	12,4	11,5	8,17	2,99	—	—		6,146
	27.	725	2,4	12,1	11,5	8,98	5,14	—	—	0,16	6,150
	30.	725	2,4	11,9	11,5	7,85	6,52	—	—		6,171
	3. Novbr.	721	3,4	11.5	11,4	8,49	6,08	—	—		6,186
	6.	724	3,0	11,2	11,3	8.51	5,78	—	—		6,176
	10.	728	3,2	11,0	11,2	9,33	7,20	—	—		6,195
	13.	729	— 3,9	10,6	11,1	8,75	6,52	—	—		6,212
	17.	731,5	— 4,2	10,0	10,9	7,82	6,11	—	—		6,220
	20.	723,5	— 3,2	9,5	10.8	7,90	5,48	—	—		6,215
	24.	722	+ 4.2	9,4	10,6	6,31	5,38	—	—	5,85	6,214
	27.	722	+ 8,0	8,8	10,4	10,83	6,91	—	—		6,224
	1. Decbr.	727	+ 0,7	9,1	10,2	10,98	6,51	—	—	0,68	6,242
	4.	730	— 1,5	8,6	10,0	8,76	7,67	—	—		6,251
	9	730	— 7,3	8,0	9,7	11,86	8,15	—	—		6,254
	11	730	— 9.0	7.7	9,7	12,30	7.85	—	—		6,271
	15.	728	— 5,0	7,2	9.4	10,07	6,90	—	—		6,271

Datum	Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden ½ m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 1½ m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
	Millim.	° R.	° C	° C.	pro mille	pro mille	pro mille	pro mille	p. Lin	Meter
1873 18. Decbr.	726,5	+ 3,6	7,5	9,4	9,50	7,28	—	—		6,276
22.	727	— 0,2	6,7	9,0	9,06	5,93	—	—		6,283
29.	725,5	— 2,6	6,6	8,6	8,00	4,58	—	—	1,29	6,315
1874 2. Januar	726,5	+ 0,3	6,5	8,4	7,30	5,29	—	—	0,78	6,300
5.	724,5	+ 0,7	6,0	8,1	6,80	3,77	—	—	0,62	6,304
8.	727,5	— 8,2	5,9	8,0	7,29	2,52	—	—		6,316
12.	725	— 7,2	5,6	8,0	8,60	4,77	—	—		6,340
15.	726,5	— 1,2	5,4	7,7	7,38	3,31	—	—		6,344
19.	724	— 1,0	5,05	7,5	7,40	3,93	—	—		6,349
22.	728	+ 1,2	5,0	7,5	6,82	2,86	—	—		6,330
27.	724,5	+ 1,5	5,7	7,5	5,76	2,56	—	—		6,326
29.	725	— 3,8	5,2	7,2	5,97	5,37	—	—		6,333
3. Februar	724	— 0,6	5,1	6,9	7,25	5,88	—	—	0,51	6,331
5.	727	— 5,3	4,9	6,8	5,03	3,24	—	—		6,339
9.	722	— 6,7	4,2	6,4	6,59	4,77	—	—	0,22	6,344
13.	726	—10,8	4,5	6,5	6,49	4,24	—	—		6,349
16.	721	— 2,6	4,2	6,2	6,71	4,31	—	—		6,335
19.	720	+ 0,2	4,3	6,4	6,25	3,30	—	—	0,25	6,344
23.	722	— 1,1	4,0	6,2	6,90	3,67	—	—		6,326
27.	721	— 0,8	4,1	6,1	6,17	3,42	—	—		6,324
3. März	725	— 4,0	4,0	5,9	6,31	4,01	—	—		6,294
5.	730	— 2,9	4,1	5,9	6,00	4,12	—	—		6,308
9.	723	+ 0,6	4,1	5,6	5,42	3,83	—	—		6,291
12.	719,5	— 2,8	4,2	5,6	5.98	4,47	—	—		6,299
17.	724	+ 3,2	4,1	5,5	5,09	2,62	—	—	1,84	6,283
20.	717,5	4,0	4,5	5,5	5,34	2,87	—	—		6,261
23.	722	3,3	4,4	5,5	5,76	4,90	—	—	1,95	6,252
26.	722	1,4	4,5	5,4	6,07	4,37	—	—		6,255
30.	721	7,2	4,4	5,5	4,94	3,35	—	—		6.249
2. April	721	6,9	5,2	5,4	5,33	3,60	—	—	0,16	6,249
7.	717	5,2	5,9	5,5	5,76	4,62	—	—	6,22	6,225
9.	715	3,8	6,0	5,5	5.86	4,25	—	—		6,231
16.	711	7,3	6,7	5,7	5,77	3,97	—	—	1,70	6.169
20.	717	7,6	7,0	5,9	5,93	5,27	—	—	0,15	6,150
23.	718	13,0	7,2	6,0	5,59	4,37	—	—		6,095
28.	723,5	4,6	8,1	6,1	5,23	4,41	—	—	0,07	5,987
1. Mai	717,5	7,8	8,2	6,3	5,96	5,50	—	—		6,060
4.	717	6,6	8,4	6,4	6,15	6,11	—	—		6,079

Datum	Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden ½ m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 1½ m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
	Millim.	°R.	°C.	°C.	pro mille	pro mille	pro mille	pro mille	p. Lin.	Meter
1874 7. Mai	717	5,4	8,2	6,5	6,06	6,22	—	—	0,83	6,058
11.	718,5	4,8	8,0	6,1	6,55	6,13	—	—	3,18	6,048
13.	719	2,8	7,6	6,4	5,97	5,10	—	—	15,17	5,920
18.	713,5	3,6	7,5	6,5	5,66	5,51	—	—	2,67	5,725
19.	718	6,7	7,5	6,5	1,82	5,65	—	—		5,630
21.	718	9,2	7,4	6,8	6,94	5,72	—	—		5,528
28.	714	12,0	8,0	6,7	5,52	6,04	—	—		5,478
1. Juni	725	18,7	8,0	6,8	6,09	5,36	—	—		5,500
8.	720,5	17,8	11,1	7,2	6,75	3,10	—	—		5,571
11.	721	15,2	10,7	7,3	2,90	4,64	—	—		5,610
15.	719	5,0	11,3	7,6	6,07	9,56	—	—	0,57	5,654
18.	720	10,9	11,4	7,9	7,67	7,79	—	—		5,699
22.	720	12,7	11,4	8,2	2,40	8.80	—	—		5,750
25.	720	9,8	11,5	8,3	7,80	7,55	—	—	1,86	5,779
2. Juli	724	18,1	11,9	9,5	6,43	6,53	—	—		5,792
9.	722	20,1	13,0	10,0	7,80	8,86	—	—		5,858
15.	720,2	20,4	14,0	10,3	9,36	9,20	—	—		5,902
23.	720	15,4	14,6	10,9	9,26	8,60	—	—	0,09	5,951
30.	714	11,1	14,5	11,2	11,99	11,48	—	—		5,982
5. August	715	14,4	14,9	11,7	11,47	9,20	—	—		6,010
10	717,5	11,7	14,5	11,9	6,38	9,30	—	—	0.33	6,031
19.	724	10,1	14,3	12,0	14,79	10,17	—	—	2,52	6,034
27.	719	9,9	14,0	12,1	12,35	12,17	—	—		6,079
31.	720	11,2	13,9	12,3	12,26	10,84	—	—		6,095
10. Septbr.	713,5	13,6	14,9	12.1	12,38	10,11	—	—	3,31	6,168
17.	720	8,7	13,9	12,6	14.33	9,59	—	—		6,181
24.	726	14,2	13,9	12,7	15,71	9,69	—	—		6,226
2. October	715	11,3	14,1	12,7	15,96	10,59	—	—		6,264
9.	719	5,4	14,0	12,8	16,10	8,78	—	—	7,57	6,261
15.	716	2,2	13,5	12,9	16,29	10,58	—	—		6,311
22.	713	7,4	13,3	12,7	9,48	6,57	—	—		6,312
29.	721	— 0,4	12,6	12,6	15,89	10,73	—	—		6,328
5. Novbr.	723	— 0,3	11,6	12,8	14,74	9,71	—	—		6,350
8.	728	+ 3,2	11,2	12,6	14,97	—	—	—		6,356
9.	728	1,8	11,2	12,6	14,93	—	—	—		6,342
16.	708	2,8	10,0	12,0	12,18	6,44	—	—	0,55	6,380
17.	702	0,8	9,6	12,4	12,04	5,63	—	—	3,20	6,354
18.	714	0,7	10,2	12,0	11,93	9,18	—	—	0,64	6,349

Datum	Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden 1/2 m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 1 1/2 m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
	Millim.	° R.	° C.	° C.	pro mille	pro mille	pro mille	pro mille	p. Lin.	Meter
1874 25. Novbr.	718	— 8,7	9,0	11,5	10,85	8,31	—	—		6,322
		° C.								
2. Decbr.	708	+ 1,0	8,2	11,0	10,20	6,24	0,37	0,28	1,95	6,310
11.	708	— 1,2	7,3	10,4	7,39	4,11	0,27	0,29	1,36	6,318
16.	710	+ 0,5	7,1	10,0	7,27	4,96	0,25	0,28	0,15	6,337
24.	718	— 2,0	6,4	9,4	6,75	4,77	0,30	0,25		6,351
31.	719,5	—10,0	6,2	8,0	6,77	4,52	0,27	0,27	1,47	6,361
1875 7. Januar	719,5	+ 1,2	5,3	8,7	6,18	4,18	0,24	0,24		6,325
14.	722,5	2,6	5,1	8,3	—	—	0,25	0,27	0,99	6,305
15.	722	9,7	5,1	8,3	—	3,36	—	—		6,303
21.	715	7,2	5,1	7,9	3,22	—	—	—		6,221
22.	701,5	5,0	5.0	7,5	1,99	0.34	0,23	0,18	0,07	6,170
25.	711	4,0	5,2	7,5	2,03	1.44	0,22	0,20		6,170
29.	729	2,4	5,3	7,5	4,13	2,18	0,22	0,23		6,165
4. Februar	713	— 1,3	5,0	7,5	1,89	2,52	0,25	0,27	1,40	6.157
11.	721	— 7,3	4,5	7,2	4,83	2,86	0,32	0,27	0,29	6,149
18.	718	— 0,2	4,3	7,0	3,93	—	0,28	0,25		6,180
25. Abends	708	— 1,4	3,8	6,7	5,24	3,52	0,49	0,34		6,184
26. Morgens	710	— 1,4	3,9	6,7	5,37	2,85	0,45	0,50	2,41	6.185
„ A.	709	+ 1.0	3,9	6,7	5.35	2,87	0,30	0,50		—
27. M.	708	— 5.0	3,8	6,6	5,36	3,27	0,33	0,42	0,04	6,195
„ A.	707	— 2,1	3.8	6,7	4,55	3,33	0,33	0,53		—
28. M.	708	— 3,1	3,8	6,6	3,96	3,27	0,48	0,42		6,210
„ A.	709	— 2,8	3,8	6,6	5,16	3,22	0,41	0,42		—
1. März M.	708	— 3,4	3,7	6,6	4,68	3,32	0,48	0,50	0,52	6,152
„ A.	708	— 3,0	3,6	6,5	5,07	3,37	0,45	0,49		—
2. M.	708	— 4,9	3,6	6,5	5,06	3,47	0,48	0,53		6,148
„ A.	708	— 1,5	3,6	6,5	3,47	4,46	0,56	0,50		—
3. M.	709	— 0,3	3,6	6,5	5,61	3,54	0,52	0,50		6,139
„ A.	711	+ 1,5	3,6	6,4	4,89	3,71	0,57	0,52		—
4. M.	713,5	— 0,5	3,5	6,4	5,24	3,38	0,71	0,57		6,211
„ A.	713,5	+ 3,3	3,6	6,45	5.52	3,59	0,64	0,54		—
5. M.	719	— 6,2	3,5	6,4	4,83	3,26	0,49	0,49		6,220
„ A.	719,9	+ 2,3	3,6	6,4	5,28	3,51	0,44	0,49		—
6. M.	722	— 6.4	3,4	6,3	4,24	3,02	0,51	0,47		6,245
„ A.	723	+ 5,7	3,5	6,4	4,66	2,98	0,41	0,49		—
7. M.	721	— 5,0	3,4	6.3	3,78	3.06	0,44	0,41		6.238
„ A.	723	+ 3,8	3,3	6 2	4.23	2,96	0.40	0,41		—

Datum		Luftdruck	Temperatur			Kohlensäuregehalt				Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
			im Freien	im Boden ½ m tief	im Boden 3 m tief	im Boden 4 m tief	im Boden 1½ m tief	der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	der Atmosphäre dicht am Boden		
		Millim.	°C.	°C.	°C.	pro mille	pro mille	pro mille	pro mille	p. Lin.	Meter
1875 8. März	M.	725	5,6	2,7	6,1	3,40	2,69	0,44	0,45	5,38	6,220
„	A.	725	8,4	2,4	6,0	4,11	2,72	0,44	0,41		—
9.	M.	723	8,8	3,0	6,2	4,02	2,83	0,44	1,45	1,44	5,950
„	A.	722	16,0	3,0	6,1	4,04	2,80	0,54	0,48		—
10.	M.	723	4,9	3,2	6,2	4,03	2,82	0,49	0,38	1,58	5,572
„	A.	723,5	8,2	3,2	6,2	3,93	2,72	0,49	0,39		—
11.	M.	722	0,1	3,2	6,2	4,20	3,03	0,27	0,31		5,670
„	A.	719	7,4	3,5	6,2	4,19	2,81	0,34	0,31		—
12.	M.	717	0,0	3,3	6,1	4,18	2,96	0,34	0,23		5,810
„	A.	717	8,9	3,3	6,1	3,72	2,78	0,30	0,27		—
13.	M.	718	8,5	3,4	6,1	4,51	3,01	0,34	0,35		5,830
14.	M.	719	2,8	3,4	6,1	4,07	2,85	0,15	0,23		5,850
„	A.	718	11,1	3,5	6,1	4,14	2,98	0,34	0,31		—
15.	M.	720	0,5	3,4	5,6	3,99	3,24	0,33	0,26		5,866
„	A.	720	11,7	3,5	6,0	4,01	2,91	0,34	0,27		—
16.	M.	722	5,7	3,5	6,0	3,82	2,89	0,33	0,34		5,870
„	A.	720	15,6	3,6	6,0	3,79	2,60	0,37	0,34		—
17.	M.	719	10,3	3,6	6,0	3,77	2,79	0,44	0,26		5,880
„	A.	717,5	14,2	3,6	6,0	3,77	2,93	0,34	0,31		—
18.	M.	723	1,6	3,6	6,0	3,79	2,83	0,33	0,30	2,80	5,890
19.	M.	718	— 1,0	3,7	5,9	3,48	2,66	0,37	0,24	0,37	5,890
20.	M.	711	— 1,7	3,9	5,7	3,57	2,79	0,26	0,26	0,33	5,811
„	A.	711	— 1,6	4,4	5,9	3,57	2,94	0,37	0,19		—
21.	M.	714	— 2,7	3,8	5,9	3,54	2,95	0,33	0,30	1,68	5,813
22.	M.	717	— 6,0	3,7	5,6	3,18	2,83	0,33	0,26		5,813
23.	M.	715,5	— 0,5	3,7	5,8	3,19	2,93	0,29	0,26	0,59	5,812
24.	M.	720	— 4,1	3,7	5,7	3,56	3,19	0,35	0,29	0,44	5,815
25.	M.	721	+ 0,2	3,5	3,7	3,27	3,14	0,36	0,33	2,74	5,816
26.	M.	722	1,8	3,2	4,5	3,12	2,97	0,32	0,29	0,33	5,815
27.	M.	721	3,2	3,7	4,5	3,31	2,91	0,32	0,33	0,44	5,815
28.	M.	716	3,2	3,7	4,5	3,20	2,94	0,33	0,34	1,42	5,814
29.	M.	719	0,6	3,7	4,5	3,18	2,88	0,32	0,30	2,32	5,815
30.	M.	724	4,1	3,6	4,9	3,15	2,85	0,29	0,29	0,16	5,814
31.	M.	723	1,6	3,6	4,9	3,17	2,98	0,33	0,30		5,814
1. April	M.	722	4,6	3,7	5,4	3,08	2,78	0,33	0,33	1,99	5,814
2.	M.	723	3,8	3,8	5,7	3,08	2,54	0,29	0,30	0,39	5,812
3.	M.	721	4,6	3,7	5,6	3,01	2,74	0,29	0,30		5,809

Datum				Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden 1/2 m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 1 1/2 m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
				Millim.	°C.	°C.	°C.	pro mille		pro mille		p Lin.	Meter
1875	4.	April	M.	718	8,4	4,0	5,6	3,27	2,96	0,33	0,30		5,806
	„		A.	715	17,6	3,9	5,6	3,18	2,87	0,34	0,31		—
	5.		M.	714	11,6	3,9	5,6	3,36	2,99	0,31	0,30		5,803
	„		A.	711	21,4	4,0	5,7	3,40	3,07	0,38	0,27		—
	6.		M.	710	12,6	4,0	5,6	3,30	3,09	0,30	0,27		5,785
	„		A.	709	17,4	4,1	5,6	3,29	3,08	0,38	0,39		—
	7.		M.	708	5,5	4,1	5,5	3,21	3,07	0,34	0,31		5,780
	„		A.	706	18,0	4,2	5,6	2,77	2,79	0,27	0,27		—
	8.		M.	708	4,6	4,3	5,5	2,99	2,91	0,26	0,31	0,44	5,775
	„		A.	708	8,6	4,4	5,5	3,07	2,94	0,30	0,31		—
	9.		M.	711	5,7	4,5	5,5	3,03	2,74	0,30	0,31		5,775
	„		A.	713	16,4	4,5	5,5	2,90	2,76	0,30	0,31		—
	10.		M.	713	7,1	4,7	5,5	2,97	2,82	0,34	0,35		5,765
	11.		M.	721	10,5	4,8	5,5	2,86	2,73	0,27	0,27		5,770
	12.		M.	717	17,1	4,9	5,5	3,09	2,89	0,30	0,31		5,775
	13.		M.	714	6,8	5,05	5,5	3,04	2,89	0,30	0,31		5,765
	14.		M.	719	2,6	5,2	5,5	3,01	2,85	0,30	0,30	0,20	5,765
	15.		M.	716	3,2	5,3	5,5	3,15	2,89	0,37	0,30		5,768
	16.		M.	721	3,7	5,3	5,4	3,11	2,91	0,33	0,30		5,709
	17.		M.	723	5,8	5,4	5,4	3,22	2,73	0,26	0,26		5,710
	18.		M.	721	11,9	5,4	5,4	3,05	2,89	0,34	0,34		5,710
	19.		M.	720	9,9	5,4	5,4	3,04	2,89	0,30	0,30		5,711
	20.		M.	721	10,2	5,5	5,4	3,05	2,90	0,34	0,30		5,711
	21.		M.	720	14,7	5,6	5,5	3,08	2,93	0,30	0,31		5,711
	„		A.	716	20,9	5,7	5,5	3,03	2,83	0,31	0,31		—
	22.		M.	713	17,3	5,7	5,5	3,14	2,99	0,31	0,32		5,711
	„		A.	713	13,8	5,8	5,5	3,15	2,99	0,31	0,27		—
	23.		M.	713	8,3	5,9	5,5	3,23	3,07	0,30	0,31	0,59	5,713
	„		A.	716	7,3	5,8	5,5	3,21	3,05	0,35	0,35		—
	24.		M.	718	7,6	6,0	5,6	3,21	3,05	0,38	0,39	0,78	5,713
	25.		M.	718	10,5	6,1	5,6	3,37	3,15	0,34	0,31		5,715
	26.		M.	719	10,0	6,1	5,6	3,15	3,00	0,34	0,34		5,715
	27.		M.	720,5	9,7	6,2	5,7	3,30	3,09	0,38	0,35		5,716
	28.		M.	720	13,9	6,4	5,7	3,40	3,18	0,34	0,35		5,716
	29.		M.	721	8,7	6,4	5,7	3,39	3,17	0,34	0,35	0,72	5,718
	30.		M.	721	13,3	6,5	5,8	3,37	3,20	0,30	0,31	0,05	5,718
	1.	Mai	M.	718,5	12,7	6,6	5,8	3,59	3,41	0,38	0,39		5,718
	2.		M.	719	12,9	6,8	5,9	3,87	3,47	0,39	0,39		5,720

Datum			Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden ½ m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 1½ m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
			Millim.	°C.	°C.	°C.	pro mille	pro mille	pro mille	pro mille	p. Lin.	Meter
1875	3. Mai	M.	719	10,1	6,8	5,9	3,58	3,40	0,38	0,39	6,18	5,719
	4.	M.	720	9,7	6,9	6,0	3,87	3,62	0,35	0,39	1,68	5,719
	5.	M.	719	12,1	7,0	6,05	3,92	3,67	0,35	0,39		5,720
	6.	M.	719,5	14,6	7,5	6,1	3,98	3,74	0,35	0,36		5,721
	7.	M.	717,5	17,7	7,3	6,15	3,95	3,76	0,28	0,28		5,722
	8.	M.	720	15,0	7,7	6,2	3,89	3,69	0,31	0,40	0,22	5,722
	9.	M.	721	20,6	7,6	6,25	3,89	3,70	0,35	0,40	0,29	5,723
	10.	M.	718	16,1	7,6	6,3	4,09	3,73	0,39	0,40		5,813
	11.	M.	724,5	10,5	7,7	6,3	3,16	3,77	0,39	0,39	0,37	5,812
	12.	M.	727,5	12,5	7,9	6,35	4,03	3,78	0,39	0,28	0 04	5,814
	13.	M.	726	14,0	8,1	6,4	3,98	3,78	0,28	0,28		5,814
	14.	M.	724	15,1	8,2	6,5	4,31	4,10	0,31	0,32	0.13	5,815
	15.	M.	724	16,0	8,2	6,55	3,61	3,43	0,31	0,27		5,816
	16.	M.	722,5	11,7	8,4	6,6	4,56	4,28	0,27	0,35		5,816
	17.	M.	721	17,7	8,5	6,65	4,51	4,19	0,53	0,40		5,816
	18.	M.	717,5	17,7	8,7	6,8	4,48	4,36	0,39	0,40	3.24	5.817
	19.	M.	716	15,2	8,9	6,8	4,45	4,23	0,43	0,44	0,78	5,818
	20.	M.	719	11,4	9,1	6,8	4,46	4,19	0,39	0,44	6,18	5,816
	21.	M.	719	23,2	9,0	6,9	4,52	4,29	0,40	0,40		5,996
	22.	M.	720	17,8	9,1	7,0	4,54	4,26	0,39	0,35		5,905
	23.	M.	722	17,6	9,2	7,05	4,47	4,25	0,47	0,48	0,74	5,990
	24.	M.	727	15,6	9,3	7,1	4,66	4,38	0,55	0,52	7,74	5,971
	25.	M.	726	14,9	9,4	7,1	4,73	4,44	0,53	0,44		5,978
	26.	M.	721	14,7	9,5	7,2	4,75	4,46	0,43	0,40		5,984
	27.	M.	719	9,1	9,5	7,2	3,80	3,51	0,43	0,44	0,60	5,990
	28.	M.	718	8,2	9,8	7,3	4,86	4,62	0,43	0,44		5,992
	29.	M.	715.5	18,1	9,8	7,4	5,14	4,74	0,38	0,43		5,991
	30.	M.	710,5	20,4	9,8	7,5	5,01	4,71	0,40	0,40		6,005
	31.	M.	715	14,7	9,8	7,5	5,41	4,93	0,39	0,40	1,77	6,090
	1. Juni	M.	719	15,4	9,8	7,6	6,10	4,88	0,39	0,40		6,120
	2.	M.	719,5	17,1	9,8	7,7	5,09	4,84	0,47	0,48		6,105
	3.	M.	720	19,0	9,9	7,7	5,37	5,21	0,46	0,47		6,025
	„	A.	717,5	25,4	10,0	7,8	5,38	5,12	0,40	0,42		—
	4.	M.	717,5	19,1	10,1	7,8	5,184	4,92	0,44	0,45		6,031
	5.	M.	717	17,2	10,25	7,9	5,15	4,89	0,36	0,32		6,041
	6.	M.	720	16,8	10,4	7,9	3,32	5,22	0,35	0,36	3,72	6,001
	7.	M.	723	18,8	10,5	8,0	5,46	5,19	0,51	0,48	1,61	5,994
	8.	M.	726	18.1	10.7	8,0	5,39	5.12	0,35	0.31		6.010

Datum		Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden ½ m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 1½ m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
		Millim.	°C.	°C.	°C.	pro mille	pro mille	pro mille	pro mille	p. Lin.	Meter
1875 9. Juni	M.	723	16,9	10,7	8,1	5,43	5,17	0,40	0,36	0,18	6,090
10.	M.	719	19,3	10,7	8,1	6,20	5,89	0,40	0,41		6,027
"	A.	715-717	27,1	10,8	8,2	6,38	5,91	0,40	0,41		—
11.	M.	718,5	16,1	10,9	8,25	6,00	5,70	0,44	0,45	3.91	6,019
12.	M.	721	13,9	11,2	8,3	6,29	5,87	0,36	0,36	0,60	6,020
13.	M.	721	15,8	11,4	8,4	6,58	6,19	0,35	0,36		6,030
14.	M.	719	17,0	11,2	8,4	6,84	6,08	0,44	0,45		6,034
15.	M.	718	18,9	11,3	8,5	7,61	6,82	0,59	0,61		6,031
"	A.	715	28,3	11,3	8,5	7,56	6,92	0,65	0,54		—
16.	M.	717	18,3	11,3	8,5	7,58	6,73	0,40	0,37	0,16	6,044
17.	M.	715	21,1	11,4	8,6	7,43	6,95	0,40	0,41		6,046
"	A.	715,5	18,8	11,5	8,5	6,70	7,17	0,49	0,41		—
18.	M.	717,5	15,3	11,5	8,6	6,74	7,25	0,40	0,32	2,43	6,051
19.	M.	721	11,8	11,6	8,4	7,68	8,73	0,47	0,44	6,62	6,032
20.	M.	718	14,0	11,7	9,3	6,50	5,93	0,47	0,40	10,90	5,986
21.	M.	718	14,3	11,7	9,3	7,29	6,93	0,39	0,40		6,020
22.	M.	719	14,0	12,0	9,3	7,52	5,80	0,59	0,40		6,014
23.	M.	721	20,5	12,0	9,2	7,81	6,10	0,36	0,37		6,017
24.	M.	720,5	18,8	12,5	9,2	8,91	5,97	0,48	0,40		6,031
25.	M.	719	16,2	11,9	9,1	6,57	5,49	0,44	0,41	5,01	6,013
26.	M.	718	12,7	11,8	9,2	7,99	6,24	0,39	0,36	0,85	6,012
27.	M.	720,5	14,7	12,05	9,4	8,10	5,97	0,35	0,36	7,12	5,989
28.	M.	719	15,8	11,9	9,2	7,99	6,19	0,35	0,36	0,37	5,989
29.	M.	717,5	18,7	11,9	9,4	8,05	6,18	0,36	0,36		6,000
30.	M.	720	17,5	11,8	9,3	8,13	6,57	0,35	0,32	1,06	6,000
1. Juli	M.	719	20,1	12,0	9,4	8,16	6,65	0,36	0,36		6,004
2.	M.	718	19,0	12,1	9,4	8,59	7,56	0,36	0,325	0,20	6,007
3.	M.	717,5	17,8	12,1	9,4	8,30	7,49	0,48	0,41	0,07	6,011
4.	M.	719	22,7	12,2	9,5	8,18	7,13	0,40	0,41	1,82	6,012
5.	M.	721	17,3	12,3	9,5	8,65	7,64	0,44	0,45	0,46	6,013
6.	M.	723	16,7	12,4	9,6	8,37	6,92	0,40	0,40	4,32	5,990
7.	M.	723	17,5	12,4	9,6	8,94	8,28	0,32	0,40		5,994
8.	M.	721,5	18,8	12,5	9,8	8,98	7,53	0,39	0,41		6,021
9.	M.	715,5	15,7	12,9	9,9	9,18	7,61	0,40	0,40	6,96	6,000
10.	M.	713	14,9	13,3	10,0	9,56	7,46	0,40	0,40	8,83	6,006
11.	M.	718	15,5	12,8	9,8	9,99	8,27	0,40	0,40	0,15	6,025
12.	M.	721	12,7	12,9	9,9	10,42	7,83	0.39	0,40	1,97	6,025
13.	M.	723	12,3	12,9	9,9	10,81	7,60	0,39	0,40	1,88	6,031

Datum				Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden ½ m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 1½ m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
				Millim.	°C.	°C.	°C.	pro mille	pro mille	pro mille	pro mille	p. Lin.	Meter
1875	14.	Juli	M.	723	12,2	12,8	10,0	9,70	7,74	0,39	0,40		6,031
	15.		M.	717,5	15,8	12,8	10,0	10,54	7,61	0,39	0,40		6,034
	„		A.	716	20,9	12,8	10,0	10,38	8,05	0,40	0,41		—
	16.		M.	715	15,3	12,8	10,0	10,60	9,90	0,36	0,37	3,13	6,038
	17.		M.	712,5	16,2	12,8	10,2	10,41	8,08	0,32	0,33	0,51	6,047
	18.		M.	712	14,9	13,0	10,3	10,66	9,81	0,44	0,37	2,65	5,993
	19.		M.	714	15,8	12,9	10,3	10,54	8,81	0,36	0,36	3,42	5,996
	20.		M.	717,5	15,6	12,9	10,3	9,69	7,77	0,35	0,36		6,002
	21.		M.	718	15,9	12,9	10,4	10,66	7,96	0,56	0,40	0,78	6,004
	22.		M.	717	15,9	12,8	10,4	11,23	8,45	0,40	0,26		6,003
	„		A.	715	17,9	12,8	10,5	11,27	8,18	0,40	0,36		—
	23.		M.	715	15,0	12,9	10,5	11,10	8,13	0,32	0,32	1,81	6,004
	24.		M.	715,5	14,7	13,0	10,6	8,91	8,14	0,35	0,33	4,09	5,990
	25.			719	18,8	12,9	10,6	11,47	8,98	0,36	0,32		5,910
	26.			721	15,7	13,0	10,7	11,95	8,23	0,40	0,40		5,990
	27.			727,5	13,1	12,9	10,6	11,83	8,79	0,43	0,44	1,97	5,980
	28.			726	14,5	12,8	10,6	12,41	8,44	0,39	0,48		5,950
	29.			725,5	14,5	12,9	10,7	13,79	8,86	0,36	0,36		6,000
	30.			724	16,2	12,9	10,7	12,96	8,70	0,32	0,32		6,005
	31.			721	16,5	12,8	10,5	12,95	9,06	0,32	0,40		6,018
	7.	August		719	16,0	13,2	11,1	15,48	9,44	—	—	2,36	6,003
	14.			725	20,3	13,4	11,3	15,25	9,56	—	—	2,76	6,034
	21.			729	16,6	14,1	11,5	11,09	8,97	—	—	3,20	6,092
	4.	Septbr.		722	12,2	14,35	12,0	18,89	12,24	—	—		6,202
	12.			723,5	16,5	14,0	12,2	18,63	11,98	—	—		6,177
	21.			720,8	16,1	13,9	12,3	16,58	12,12	—	—	0,74	6,231
	27.			719	14,0	13,8	12,3	17,73	10,38	—	—		6,235
	6.	October		726	14,6	13,1	12,4	12,69	5,67	—	—		6,253
	13.			704	6,6	12,7	12,2	11,49	9,85	—	—	9,92	6,225
	23.			709,5	10,5	11,8	12,0	12,57	8,97	—	—	8,85	6,102
	4.	Novbr.		717,5	6,1	10,0	11,0	14,63	9,20	—	—		6,102
	13.			715,5	1,9	8,2	11,0	10,16	4,31	—	—	3,28	6,072
	19.			717,5	9,0	8,4	10,6	9,15	3,56	—	—	7,88	6,005
	26.			711	— 2,0	8,2	10,2	9,57	5,32	—	—	0,76	5,856
	10.	Decbr.		724	—10,8	6,6	9,5	9,54	5,34	—	—		5,785
	17.			724,5	— 1,2	5,9	9,1	8,59	4,23	—	—		5,831
	25.			726	+ 1,1	5,0	8,4	—	2,31	—	—		5,769

Datum	Luftdruck	Temperatur im Freien	Temperatur im Boden $^1/_2$ m tief	Temperatur im Boden 3 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden 4 m tief	Kohlensäuregehalt im Boden $1^1/_2$ m tief	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre 4,3 m über dem Boden	Kohlensäuregehalt der Atmosphäre dicht am Boden	Atmosphär. Niederschlag	Grundwasserstand
	Millim.	°C.	°C.	°C.	pro mille	pro mille	pro mille	pro mille	p. Lin.	Meter
1876 3. Januar	721	1,0	4,8	8,0	—	3,36	—	—	0,88	5,622
10.	718	— 5,8	4,5	7,5	7,63	4,89	—	—		5,533
18.	720,5	+ 0,2	3,9	7,0	7,92	5,14	—	—		5,569
26.	731	— 3,7	3,7	6,8	7,30	4,31	—	—		5,620
4. Februar	717,5	+ 3,8	3,4	6,4	7,84	5,11	—	—		5,711
16.	717	7,3	2,0	6,0	6,77	3,61	—	—	0,33	5,831
26.	712	5,7	2,8	5,5	4,95	2,53	—	—		5,554
4. März	716	12,05	3,5	5,6	5,19	2,09	—	—	11,57	5,380
18.	711	— 2,7	4,0	5,0	3,88	3,69	—	—	5,79	4,997
23.	711	+ 4,4	3,9	5,1	4,90	3,27	—	—	0,90	4,943
1. April	707	23,4	4,4	5,0	2,53	3,84	—	—		4,910
8.	722,5	19,2	5,5	5,0	4,23	3,16	—	—		4,940
15.	715,5	4,6	6,1	5,4	6,06	3,40	—	—		5,010
22.	709,5	14,3	6,1	5,7	3,82	3,20	—	—	0,25	5,073
29.	710	8,7	6,7	5,8	6,36	4,64	—	—	2,17	5,099
6. Mai	715	5,5	6,9	6,1	8,03	5,11	—	—	2,85	5,050
13.	713	6,9	6,7	6,3	7,28	5,68	—	—	0,33	4,900
20.	716	14,5	6,9	6,5	7,14	5,98	—	—		4,965
27.	710,5	8,7	7,7	6,6	7,06	5,40	—	—	3,95	5,041
3. Juni	712,5	21,9	7,9	6,8	7,25	6,38	—	—		5,117
10.	706,5	18,4	9,1	7,1	6,81	6,58	—	—	0,04	5,198
17.	714,5	10,2	9,9	7,5	6,53	8,17	—	—	9,37	5,246
24.	711	17,8	10,3	8,0	7,13	8,22	—	—	7,78	5,282
1. Juli	711	15,4	11,0	8,4	10,09	7,28	—	—	1,91	5,277
8.	711	22,2	11,2	8,8	9,94	8,34	—	—		5,178
14.	718	23,5	11,7	9,2	10,48	8,89	—	—		5,163
22.	713	23,0	12,2	9,5	8,00	8,67	—	—		5,200

Ueber die Ausnützung einiger Nahrungsmittel im Darmcanale des Menschen [1]).

Von

Dr. **Max Rubner,**

Assistenten am physiologischen Institute zu München.

Zur Feststellung des Nährwerthes eines Nahrungsmittels oder eines Nahrungsstoffes genügt es bekanntlich nicht, zu wissen, wieviel mit demselben Stickstoff oder Kohlenstoff in den Darmcanal eingeführt wird, da es nicht gleichgiltig ist, in welchen Verbindungen (Nahrungsstoffen) diese Elemente sich befinden. Es genügt ferner nicht, die in dem Verzehrten enthaltene Menge von Eiweiss, Fett, Kohlehydraten, Aschebestandtheilen etc. zu kennen, denn es kommt sehr darauf an, in welchen Nahrungsmitteln jene Nahrungsstoffe dargeboten werden. Zur Beurtheilung der Kost eines Menschen muss man neben Anderem auch wissen, welche Menge von jedem der Nahrungsstoffe für sich oder aus einem Nahrungsmittel unter verschiedenen Verhältnissen aus dem Darmcanale in die Säfte aufgenommen wird, da die Ausnützung der Nahrungsmittel eine sehr ungleiche ist. Die chemische Analyse der Nahrungsmittel führt daher für sich allein nicht zum Ziele, sondern nur in Verbindung mit dem physiologischen Experiment am thierischen Organismus.

Es war zu hoffen, dass umfassende Untersuchungen über die Ausnützung der gebräuchlichsten Nahrungsmittel auch Aufschlüsse bringen werden über den Werth der so mannigfachen Kost der verschiedenen Völker, die trotz ihrer Mannigfaltigkeit doch die gleichen Hauptnahrungsstoffe enthält.

---

1) Vorläufige Mittheilung von Prof. Voit in dem amtl. Bericht der Naturforscherversammlung zu München 1877 S. 351.

Am fleischfressenden Thier, dem Hund, hat man durch die Versuche von Bischoff und Voit vielfache Kenntnisse über die Verwerthung von Fleisch für sich allein oder mit Fett, Zucker und Stärkemehl, von Brod, von Leim und leimgebendem Gewebe etc. in verschiedenen Quantitäten erhalten. Ebenso sind am pflanzenfressenden Thier Ausnützungsversuche mit allerlei Futtermitteln angestellt worden; aber für den Menschen liegen in dieser Richtung nur sehr spärliche Nachrichten vor. Franz Hofmann[1]) hat einige Versuche am Menschen gemacht über Ausnützung animalischer und vegetabilischer Nahrung und über Verdauung der Cellulose, Gustav Meyer[2]) über die Ausnützung verschiedener Brodsorten, Woroschiloff[3]) und Strümpell[4]) über die Ausnützung von Leguminosen, die aber nicht rein, sondern mit anderen Nahrungsmitteln vermischt waren.

Man sollte glauben, es wäre nichts einfacher als zu bestimmen, wieviel von den in einem Nahrungsmittel in den Darm eingeführten Nahrungsstoffen in die Säfte aufgenommen wird und wieviel davon unverändert im Koth wieder ausgeschieden wird, und doch erheischen solche Bestimmungen viele Vorsichtsmaassregeln und sind sehr mühsam.

Zunächst handelt es sich darum, genau denjenigen Koth zu erhalten, welcher auf das in seiner Ausnützung zu prüfende Nahrungsmittel trifft.

Es ist bekannt, dass der Koth nicht so regelmässig entleert wird wie der Harn; auch wenn täglich vor dem Frühstück eine Kothentleerung erfolgt, verfügt man nicht über den unter dem Einflusse der Nahrung des vorausgehenden Tages erzeugten Koth.

Es wäre daher fehlerhaft, zur Feststellung der Grösse der Ausnützung eines Nahrungsmittels einfach den während der Tage, an welchen das betreffende Nahrungsmittel aufgenommen worden ist, entleerten Koth zu untersuchen, da dieser Koth theilweise der vorausgehenden Kost angehört und ferner einen Theil des von jenem

1) Sitz.-Berichte der k. b. Akad. 1869 II. 4.
2) Zeitschrift f. Biologie 1871 Bd. 7 S. 1.
3) Berliner klin. Wochenschrift 1873 Nr 8.
4) Deutsch. Arch. f. klin. Medicin 1875 Bd. 17 S. 108.

Nahrungsmittel stammenden Kothes noch nicht enthält. Der Fehler fällt dabei um so grösser aus, je kürzere Zeit der Versuch währt und je kleiner die Kothmenge ist; bei langer Dauer des Versuchs verwischt sich der Fehler bis auf eine geringe Grösse.

Bei Pflanzenfressern, welche gewöhnlich grosse Kothmengen liefern, kann man geraume Zeit vorher qualitativ und quantitativ das gleiche Futter geben und annehmen, dass der an einer Anzahl von Tagen producirte Koth den auf das unterdess aufgenommene Futter treffenden Kothantheil ziemlich genau ergiebt, wenn derselbe auch nicht ganz von dem an diesen Tagen verzehrten Futter stammt, sondern auch von dem der vorausgehenden Tage.

Beim Fleischfresser ist dies nicht der Fall, da derselbe häufig nur alle 8 Tage einmal Koth entleert. Um also bei ihm den auf eine gewisse Nahrungsquantität entfallenden Koth zu erhalten, muss man dahin trachten, letzteren zur scharfen Abgrenzung mit einem Anzeichen oder einer Marke zu versehen.

Prof. Voit hat bei Hunden eine Abgrenzung des auf eine bestimmte Fütterungsreihe treffenden Kothes eingeführt. Der schwarze pechartige Koth nach Fütterung mit reinem Fleisch oder mit Fleisch unter Zusatz von Fett oder Kohlehydraten, sowie der weiche, braun gefärbte Koth nach Aufnahme von Brod lässt sich durch Knochen, welche man 12—24 Stunden vor Beginn und nach Abschluss einer Versuchsreihe giebt und welche in kurzer Zeit den charakteristischen weissen krümeligen Knochenkoth liefern, genau abtrennen[1]).

---

1) Salkowski und J. Munk (Zeitschr. f. physiol. Chemie 1877 Bd. 2 S. 37) grenzen beim Hunde die auf die einzelnen Perioden entfallenden Fäces durch Korkstücke ab, welche einige Stunden vor Ablauf der Perioden gereicht werden; die Korkstücke finden sich alsdann nach ihnen im Kothe allesammt neben einander vor und bilden auf diese Weise eine Abgrenzung. Herr Nicolaus Tschirwinsky aus St. Petersburg hat im hiesigen physiologischen Laboratorium zwei Versuche der Art angestellt, ist aber zu keinem zufriedenstellenden Ergebnisse gekommen.

Am 28. Mai in der Frühe erhielt ein Hund zur Abgrenzung des Kothes Knochen; am 29. Mai um 7 Uhr Früh 144 Korkstückchen und um 1 Uhr 800 g Fleisch, ebenso 800 g Fleisch am 30. und 31. Mai und am 1. Juni; am 2. und 3. Juni 8 Uhr Früh wieder Knochen. Am 2. Juni Abends 6 Uhr erschien Knochenkoth mit Fleischkoth; am 3. Juni 5 Uhr Morgens reiner Knochenkoth. Der Fleischkoth wurde in vier gleich grosse Stücke getheilt und in jedem die Kork-

Ungleich schwieriger stellt sich die Kothabgrenzung beim Menschen, dem man zu diesem Zwecke nicht Knochen beizubringen vermag, wie einem Hunde.

J. Ranke hat zur Abtrennung des Kothes beim Menschen direct vor und nach jedem Versuche Preisselbeeren genommen, deren Hüllen mit dem Kothe wieder abgehen und darin leicht aufzufinden sind. Es hat sich aber herausgestellt, dass mit diesem Mittel eine genaue Abgrenzung, wie sie für Ausnützungsversuche unumgänglich nöthig ist, nicht möglich ist, da die Beeren an den Wandungen des Darmes hängen bleiben und sich dadurch verschieben.

Es ist allerlei von mir probirt worden, um eine genaue Abtrennung der Kothsorten beim Menschen zu erreichen; es blieb schliesslich nichts übrig, als ebenfalls gewisse Nahrungsmittel zu nehmen, welche einen leicht erkennbaren Koth liefern. Es wurde zu dem Zwecke z. B. versucht, den dunkeln Koth nach Aufnahme von Fleisch durch den bei gewöhnlicher gemischter Kost entleerten Koth, der eine hellbraune Farbe besitzt, abzutrennen, was jedoch nicht vollkommen gelang, da beide Kothsorten die gleiche Consistenz hatten und sich in einander verschoben. Von dem Koth nach einer an Fleisch reichen Kost, der eine chocoladebraune Farbe besitzt, vermag man jedoch den goldgelben Eierkoth wohl zu unter-

---

stückchen durch Auswaschen mit Wasser aufgesucht. Im ersten Stück fanden sich 15, im zweiten 107, im dritten 22, im vierten keine Korkstückchen mehr, im Ganzen also sämmtliche 144; sie waren aber im Fleischkothe vertheilt, statt zwischen dem Knochen- und Fleischkoth sich zu befinden.

Der zweite, etwas anders angestellte Versuch gab folgendes Resultat. Am 4., 5., 6. und 7. Juni Vormittags 8 Uhr erhielt der Hund 800g Fleisch; am 8. Juni Vormittags 9 Uhr 150 Korkstückchen und um 2 Uhr Nachmittags Brod, ebenso an den folgenden beiden Tagen, den 9. und 10. Juni um 8 Uhr Vormittags; am 10. Juni Abends 6 Uhr bekam er Knochen. Den 9. Juni Abends 6 Uhr wurde der erste Koth entleert, den 11. der zweite Koth. Der erste Koth bestand zunächst aus Knochenresten, dann kam der Fleischkoth und darauf der Brodkoth; der zweite Koth war reiner Knochenkoth. Schon in der ersten Hälfte des Fleischkoths fanden sich 23 Korkstückchen, in der zweiten noch 27; im Brodkoth waren sie überall bis zuletzt vertheilt, so dass sie nicht weiter gezählt wurden.

Von der Möglichkeit einer genauen Abgrenzung des Kothes durch Korkstückchen konnte also in diesen beiden Versuchen nicht die Rede sein, während die Knochen eine absolut sichere Abgrenzung zulassen.

scheiden. Es wurde ferner reines Fleisch genommen, um den Koth bei Genuss von Brod oder von Kartoffeln etc. abzugrenzen, auch Blutwürste, welche einen schwarzen Koth geben, dienten zur Abtrennung von Milchkoth.

Endlich ebnete ein im Gang befindlicher Ausnützungsversuch mit Milch die zu betretende Bahn; es fand sich nämlich, dass der Koth nach ausschliesslicher Aufnahme von Milch (oder auch von Käse) nicht dunkel gefärbt ist, wie der bei den meisten animalischen Nahrungsmitteln, sondern weiss oder hellgelb, und was besonders günstig ist, dass er, wenn nicht Diarrhöen darnach eintreten, feste knollige Massen, einem Maiskolben vergleichbar, darstellt, die sich wie Seife schneiden und gegen den Koth nach gemischter Kost, gegen den dunkelgefärbten pechartigen Fleischkoth, gegen Kartoffelkoth etc. ganz vortrefflich abgrenzen lassen.

Manche Leute werden nach Aufnahme von kalter Milch von Leibschmerzen und Diarrhöen befallen, warme Milch wird dagegen meistentheils ertragen. Man darf sich jedoch nicht verleiten lassen, einen Versuch abzubrechen, wenn die Versuchsperson bei Einführung der Milch über leichte Kolikschmerzen klagt und etwa ½ Stunde später eine dünnflüssige Entleerung erfolgt. Meist ist nämlich mit der ersten diarrhöischen Entleerung die ganze Reihe abnormer Erscheinungen abgethan.

Das dabei eingeschlagene Verfahren ist folgendes. Um z. B. die Ausnützung einer während 3 Tagen gegebenen Fleischmenge zu erfahren, reicht man den Tag vor Beginn des Versuchs nur Milch, etwa 2 Liter, nicht unter 1,5 und nicht über 2,5 Liter. Giebt man nur 1 Liter Milch, so wird zu wenig Koth gebildet mit weniger charakteristischer Färbung; giebt man über 2,5 Liter, dann ist der Koth weniger knollig und die Abgrenzung erschwert. Man lässt zwischen der Milchaufnahme und dem Beginn der eigentlichen Versuchsreihe eine Pause von 16—24 Stunden, um die Vermischung der Kothsorten zu vermeiden. 15 Stunden vor Abschluss der Versuchsreihe wird die letzte Mahlzeit eingenommen, worauf dann gewöhnlich 6 Stunden nach dem Abschluss, also 21 Stunden nach der letzten Mahlzeit, wieder Milch aufgenommen wird. Dadurch schliesst man den dunkeln Fleischkoth zwischen den weissen, leicht

erkennbaren Milchkoth ein. Der Koth wird auf grossen Porzellanplatten, welche unter dem Versuchsindividuum hinweggezogen werden, aufgesammelt; dadurch erzielt man, dass der Koth sich nicht in einen Haufen sammelt, sondern die wurstartige Masse sich so lagert, wie sie im Darme sich befand, wodurch das Frühere von dem Späteren leicht zu scheiden ist.

Durch diese genaue Abgrenzung mittelst Milch ist es allein möglich, den ganzen Versuch mit dem zu prüfenden Nahrungsmittel auf 2—3 Tage zu beschränken, was von der grössten Wichtigkeit für das Gelingen ist.

Eine weitere Schwierigkeit der Ausnützungsversuche am Menschen ist nämlich die, dass man bei ihm die Versuche mit dem gleichen Nahrungsmittel, wenn dasselbe auch anfangs vortrefflich mundet, nur selten länger als einige (höchstens 4—5) Tage fortsetzen kann. Man darf nur einfache Nahrungsmittel geben und nicht complicirte Speisen, da deren Verwerthung im Darme nur schwer zu ermitteln wäre.

Die meisten Menschen sind so verwöhnt, dass sie die ausschliessliche Aufnahme ein und desselben Nahrungsmittels, in der gleichen Weise zubereitet, auf die Dauer nicht ertragen, sie bekommen Ekel vor der eintönigen Kost und selbst Darmbeschwerden wie z. B. Diarrhöe. Man meint wohl, man könnte leicht während mehrerer Tage nur von Reis, Mais, Brod, Kartoffeln, Milch, Eiern, Fleisch etc. leben, da ja ganze Völkerschaften eines oder das andere dieser Nahrungsmittel fast ausschliesslich geniessen. Aber man täuscht sich hierin sehr; die Meisten, an unsere abwechslungsreiche Kost gewöhnt, nehmen häufig schon nach wenigen Mahlzeiten ein solches Nahrungsmittel mit Widerwillen auf, so dass der Versuch nur wenige Tage fortgesetzt werden kann. Nur selten trifft man an einfache und sparsame Kost gewöhnte Individuen, welche grössere Quantitäten der Nahrungsmittel etwas längere Zeit geniessen. Bei solchen Versuchen erkennt man so recht die hohe Bedeutung der Abwechslung in unserer Kost.

Als Getränk wurde meistentheils Bier gegeben, in einigen Versuchen Brunnenwasser, mehrmals auch kohlensaures Wasser oder etwas Wein.

Die dargereichten Nahrungsmittel, sowie der entleerte Koth wurden in allen Fällen durch eigene Analysen auf ihren Gehalt an festen Theilen, an Stickstoff (Eiweiss), Fett und Aschebestandtheilen untersucht; die Bestimmung des Stickstoffs geschah nach der Methode von Will-Varrentrapp, die des Fettes durch Extraction mit Aether.

Daraus konnte die Ausnützung des Gesammtnahrungsmittels, sowie des darin enthaltenen Eiweisses, des Fettes, der Asche und der Kohlehydrate mit genügender Genauigkeit entnommen werden.

Zur Controlirung der Eiweisszersetzung im Körper wurde in dem Harn der Harnstoff nach der Liebig'schen Titrirmethode nach vorheriger Ausfällung des Chlors mit Silbernitrat bestimmt und auch der gesammte Stickstoff nach dem Verfahren von Schneider-Seegen.

Ich lasse zunächst die bei den einzelnen Versuchen erhaltenen Zahlenresultate folgen, um dann schliesslich die Ergebnissse derselben zusammenzufassen.

Versuch I. Fleischkost (a).

(10. — 14. Juli 1876.)

Versuchsperson A, stud. med., 22 Jahre alt, Körpergewicht 72 ^{kg}.

Das dabei verwendete Fleisch (vom Rind) wurde, nachdem es mittelst der Scheere von Sehnen, Fett und Bindegewebe sorgfältig gereinigt worden war, unter Zugabe von wenig Butterfett, Pfeffer, Zwiebel und Salz als Braten zubereitet. Von dem Braten wurden dann zur Bestimmung des Gehalts an Wasser und Fett Proben weggenommen. Als Getränk diente während des Versuchs Brunnenwasser oder kohlensaures Wasser.

Die Abgrenzung des Kothes geschah durch Milch vor und nach dem Versuch. Ein Versuchstag währte von 8 Uhr Früh bis zur gleichen Zeit des folgenden Tages.

Obwohl die Speise ausserordentlich wohlschmeckend war, so konnte dieselbe von der Versuchsperson am dritten Tage doch nur mit Mühe verzehrt werden, da sich Widerwillen einstellte.

Es wurden in 3 Tagen 2654 ^{g} gebratenes Fleisch, entsprechend 4306 ^{g} knochen- und fettfreiem frischen Fleisch, aufge-

nommen (im Tag 1435 g). Die folgende Tabelle giebt über die Bestandtheile der Einnahmen und über die des Kothes näheren Aufschluss.

Einnahmen.

Datum	Braten frisch	Braten trocken[1]	Stickstoff berechnet[2]	Fett bestimmt[3]	Asche berechnet[4]
1) 11. Juli	936	387,9	—	19,9	—
2) 12. „	869	372,7	—	21,9	—
3) 13. „	849	339,7	—	20,8	—
Summe	2654	1100,3	146,3	62,6	55,9
im Tag	884	366,8	48,8	20,9	18,6

Ausgaben.

Datum	Koth trocken[5]	Stickstoff[6]	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn	Harnsäure
1) 11. Juli	—	—	—	—	1960	42,3	1,374
2) 12. „	—	—	—	—	2150	50,8	1,601
3) 13. „	—	—	—	—	2070	48,5	1,608
Summe	51,6	3,6	13,2	8,4	6180	141,6	4,583
im Tag	17,2	1,2	4,4	2,8	2060	47,2	1,528

---

1)
13,1434 frischer Braten	= 5,3980 trocken	= 41,07		
10,0136 „ „	= 4,0946 „	= 40,89	41,45 %	
12,2305 „ „	= 5,1850 „	= 42,40		
9,7248 „ „	= 4,2338 „	= 43,54		
10,2892 „ „	= 4,4762 „	= 43,51	42,86 %	
10,8169 „ „	= 4,4929 „	= 41,54		
7,0734 „ „	= 3,2216 „	= 41,99		
11,2696 „ „	= 4,4474 „	= 39,47	40,00 %	
13,5787 „ „	= 5,1377 „	= 38,54		

2) Der Stickstoffgehalt des trockenen fettfreien Fleisches wurde zu 14,11 % angenommen.

3)
5,3240 Trockensubstanz	= 0,2055 Fett	= 3,85	
2,6270 „	= 0,1836 „	= 6,98	5,12 %
5,0684 „	= 0,2298 „	= 4,53	
3,8128 „	= 0,2209 „	= 5,79	5,83 %
4,3184 „	= 0,2540 „	= 5,88	
3,1646 „	= 0,2612 „	= 8,28	
4,3765 „	= 0,2100 „	= 4,79	6,39 %
3,4229 „	= 0,2095 „	= 6,11	

Nach diesen Zahlen lässt sich die Ausnützung des Fleisches berechnen; der Verlust durch den Koth stellt sich in Procent folgendermassen:

an Trockensubstanz	4,7 %
an Stickstoff	2,5
an Fett	21,1
an Asche	15,0

Die einzelnen Nahrungsstoffe werden demnach in sehr ungleicher Menge im Darme verwerthet; die eiweissartigen Stoffe werden weitaus am besten aufgenommen.

Das Fett scheint in Verbindung mit dem Fleisch schlecht ausgenützt zu werden; man muss aber bedenken, dass dasselbe hier nur in geringer Menge gegeben wurde und auch der reine Fleischkoth, beim Hunde, stets an Aether etwas abgiebt, was von den in den Darm ergossenen Säften herrührt. Ebenso ist es mit der Asche und dem Stickstoff, welche nicht ausschliesslich Residuen des Fleisches sind, sondern auch Ausscheidungsproducte aus dem Darm, auf welche Verhältnisse ich später zurückkommen werde.

4) Der Aschegehalt des trockenen fettfreien Fleisches wurde zu 5,39 % angenommen.

5) 65,3 frischer Koth = 17,66 trocken = 26,9 %.

Datum	Speise	Koth	
10. Juli	Milch	8.15 Früh	gemischt
11. „	Fleisch	—	0
12. „	„	—	0
13. „	„	—	0
14. „	Milch	—	0
15. „	gemischt	8 Früh	Milch- und erster Fleischkoth (17,6 tr.)
16. „	„	7.15 „	letzter Fleischkoth (34,0 trocken) und Milchkoth

6)

0,5620 trockener Koth	=	38,25 mg N	=	6,81	6,94 %
0,6915 „ „	=	48,96 „	=	7,08	
1,8239 trockener Koth	=	0,4718 Fett	=	25,86	25,73 %
2,7390 „ „	=	0,9624 „	=	25,61	
0,2427 trockener Koth	=	0,0398 Asche	=	16,39	16,27 %
2,4200 „ „	=	0,3915 „	=	16,16	

Ein Vergleich des Stickstoffgehaltes der Einnahmen und der Ausgaben ergiebt Folgendes:

Stickstoff im Fleisch	146,3
Stickstoff im Harn und Koth .	145,3
	+ 1,0

Es fehlt in den drei Tagen also nur 1g Stickstoff in den Ausgaben, welcher wohl in Form von Eiweiss zum Ansatze gelangte. Nach den Angaben von Prof. Voit braucht ein Arbeiter zur Deckung seines Stickstoffbedarfs 538g Fleisch, zur Deckung seines Kohlenstoffbedarfs aber 2620g Fleisch.

Die erste Entleerung von Fleischkoth fand erst nach Abschluss der Reihe am Beginn des 5. Tages nach der ersten Aufnahme von Fleisch statt; die zweite am 6. Tage enthielt den Rest des Fleischkothes. Derselbe erschien in geformten Würsten von weicher Consistenz und chocoladebrauner Farbe und liess mit dem Mikroskope noch im Zerfall begriffene Muskelprimitivbündel in ziemlicher Zahl erkennen. Beim Hunde[1]) dagegen finden sich in dem schwarzen pechartigen Fleischkoth niemals Reste von Muskelfasern, wenn nicht Diarrhöen auftreten oder übermässig grosse Fleischmengen verzehrt werden; bei einem Hunde von 38kg Gewicht fand dies erst bei einer Fütterung mit 2600g Fleisch statt.

Ranke[2]) hat drei Versuche mit reichlicher Fleischaufnahme angestellt und dabei ebenfalls die Menge des Kothes, sowie den Stickstoffgehalt desselben bestimmt. Im ersten Versuche verzehrte er an einem Tage 1832g frisches Rindfleisch, die grösste Menge, welche er von dieser Fleischsorte bewältigen konnte; im Koth fanden sich 5,2% des aufgenommenen Stickstoffs. In einem zweiten Versuche ass er 2009g Rehfleisch, von dem 12,4% Stickstoff im Koth wieder abgingen. Im dritten Versuche endlich wurden 1281g Rindfleisch gegessen und 11,5% des Stickstoffs desselben mit dem Kothe ausgeschieden. Ranke hat aber stets nur einen einzigen Tag dem Versuche widmen können, da nicht nur Widerwillen gegen das Fleisch, sondern auch ein Gefühl von Magenbelästigung, Brechneigung etc. eintrat. Die Abgrenzung des Kothes eines Tages

1) Bischoff u. Voit, die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers S. 291.
2) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862 S. 311.

ist nach dem Verfahren Ranke's sehr schwierig; die Verdauungsstörung hat vielleicht auch zur Entleerung einer grösseren Kothmenge beigetragen.

Bei meiner Versuchsperson machte sich in Folge der Aufnahme von 1435g Fleisch im Tag eine bedeutende Ermüdung, besonders in den unteren Extremitäten, bemerkbar. Auch Ranke gedenkt der gleichen Erscheinung und sucht ihre Ursache in den reichlich entstehenden Zersetzungs- und Ausscheidungsproducten des Fleisches.

Versuch II. Fleischkost (b).

(12.—14. Juni 1876.)

In diesem Versuche geschah die Abtrennung des Fleischkothes noch nicht mit Milch, sondern durch die gewöhnliche gemischte Kost, bei welcher die Grenzen, besonders wegen der gleichen Consistenz beider Kothsorten, weniger scharf ausgeprägt waren. Der letzte Fleischkoth war von dem folgenden Kothe bedeckt und musste von diesem befreit werden. Die Resultate des Versuchs sind aber annähernd die gleichen wie die des vorigen.

Die Zubereitung des Fleisches und die Ermittlung der Zusammensetzung desselben geschah auf die nämliche Weise wie im ersten Versuche. Die Versuchsperson (A) war ebenfalls die gleiche.

In 3 Tagen wurden 2213g gebratenes Fleisch, entsprechend 3516g knochen- und fettfreiem frischen Fleisch, aufgenommen (im Tag 1172g).

Die folgende Tabelle giebt die dabei erhaltenen Resultate.

Einnahmen.

Datum	Braten frisch	Braten trocken[1])	Stickstoff berechnet	Fett bestimmt[2])	Asche berechnet
1) 12. Juni	571	234,5	—	21,8	—
2) 13. „	748	304,5	—	24,8	—
3) 14. „	895	380,3	—	25,3	—
Summe	2214	919,3	119,5	71,9	45,7
im Tag	738	306,4	39,8	23,9	15,2

Ausgaben.

Datum	Koth frisch[3])	Koth trocken[4])	Stickstoff	Fett	Asche	Harn-menge	Stickstoff im Harn
1) 12. Juni	—	—	—	—	—	2950	24,94
2) 13. „	—	—	—	—	—	2120	40,90
3) 14. „	—	—	—	—	—	2260	47,01
Summe	159,0	51,3	3,36	12,1	9,70	7330	112,85
im Tag	53,0	17,1	1,12	4,0	3,23	2443	37,61

1) 13,9711 frischer Braten = 5,6301 trocken = 40,29
7,9800 „ „ = 3,3206 „ = 41,60 } 41,10 %
8,0779 „ „ = 3,3345 „ = 41,41

9,3772 „ „ = 3,7576 „ = 40,07
12,9683 „ „ = 5,2740 „ = 40,66 } 40,72 %
12,6970 „ „ = 5,3620 „ = 41,43

19,5676 „ „ = 8,8509 „ = 45,23
10,8164 „ „ = 4,4380 „ = 41,03 } 42,49 %
11,4685 „ „ = 4,7275 „ = 41,22

2) Vor jeder Mahlzeit wurde eine Probe zur Fettbestimmung weggenommen und daraus für jede der Fettgehalt berechnet.

5,3861 Trockensubstanz = 0,2330 Fett = 4,32 %
2,9906 „ = 0,3382 „ = 11,30
3,2129 „ = 0,3924 „ = 12,21

3,4710 „ = 0,2374 „ = 6,83
5,0500 „ = 0,2264 „ = 4,48
5,2566 „ = 0,6893 „ = 13,11

8,0636 „ = 0,5302 „ = 6,57
3,9760 „ = 0,2576 „ = 6,48
4,5572 „ = 0,3153 „ = 6,91

3)

Datum	Speise	Koth	
12. Juni	Fleisch	—	0
13. „	„	—	0
14. „	„	—	0
15. „	gemischt	—	0
16. „	„	7 Früh	gemischt und erster Fleischkoth (37,3 trocken)
17. „	„	7 „	letzter Fleischkoth (14,0 trocken) und gemischt

4) 0,2403 trockener Koth = 15,71 mg N = 6,53 %
3,2476 „ „ = 0,7636 Fett = 23,51 %
2,6484 „ „ = 0,3430 Asche = 12,95 %

Es gelangen demnach von 100g der eingeführten Trockensubstanz und der einzelnen Nahrungsstoffe im Darmcanale nicht zur Verwerthung:

an Trockensubstanz	5,6 %
an Stickstoff	2,8
an Fett	17,2
an Asche	21,2

Die procentige Ausnützung der Trockensubstanz, des Stickstoffs und der Asche ist, der geringeren Quantität des verzehrten Fleisches halber, etwas ungünstiger als im ersten Versuche; die absolute Menge des Kothes ist in beiden Versuchen die gleiche.

Auch hier trat das lebhafteste Gefühl der Ermüdung, besonders an den unteren Extremitäten, auf, und schon bei der zweiten Mahlzeit stellte sich etwas Widerwillen gegen die weitere Aufnahme von Fleisch ein.

Während des dreitägigen Versuches wurden folgende Mengen von Stickstoff eingenommen und ausgegeben:

Stickstoff im Fleisch	119,5
Stickstoff im Harn und Koth .	116,2
	+ 3,3

Die 3,3g Stickstoff gelangten also im Eiweiss zum Ansatze.

Die Entleerung des Fleischkothes erfolgte ziemlich spät, nämlich erst am 16. Juni. Der Koth war mässig consistent und auf dem Durchschnitt chocoladefarben. Er enthielt zerfallende Muskelfasern.

Versuch III. Eierkost.

(12.—14. Juli 1876.)

Versuchsperson B, stud. med., 24 Jahre alt, Körpergewicht 46kg.

Die zum Versuche verwendeten Eier wurden frisch gewogen, dann hart gesotten und das Gewicht der Schalen bestimmt. Dieselben wurden mit etwas Kochsalz (7g täglich) verzehrt. Als Getränk diente Brunnenwasser.

Die Abgrenzung des Eierkoths geschah nicht mit Milch, da die Versuchsperson sich nicht entschliessen konnte, Milch ausschliesslich und in grösserer Menge aufzunehmen. Der weiche Eierkoth besitzt aber eine charakteristische goldgelbe Farbe, so dass eine Trennung vom Koth nach gemischter Kost mit viel grünem Gemüse,

der fest und von dunkelgrüner Farbe war, ziemlich leicht und zuverlässig von Statten ging.

Die Versuchsresultate sind in nachstehender Tabelle zusammengestellt.

Einnahmen.

Datum	Eier frisch[1])	Eier trocken	Stickstoff berechnet	Fett berechnet	Asche berechnet	Kochsalz
1) 12. Juli	1017,4[2])	—	—	—	—	—
2) 13. „	878,8[3])	—	—	—	—	—
Summe	1896,2	494,9	41,5	206,7	20,9	14,8
im Tag	948,1	247,4	20,7	103,3	10,4	7,4

Ausgaben.

Datum	Koth trocken[4])	Stickstoff[5])	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn	Harnsäure
1) 12. Juli	—	—	—	—	1348	21,4	—
2) 13. „	—	—	—	—	1245	22,4	0,2623
Summe	25,9	1,22	10,4	3,86	2593	43,8	—
im Tag	13,0	0,61	5,2	1,93	1296	21,9	—

1) In 100 g Eisubstanz sind nach Prof. Voit enthalten:

Wasser	73,9
feste Theile	2,61
Eiweiss	14,1
Stickstoff	2,19
Fett	10,9
Asche	1,1

2) 22 Stück Eier.

3) 20 Stück Eier.

4) frischer Koth 128,1 g.

Datum	Speise	Koth
12. Juli	Eier	0
13. „	„	0
14. „	gemischt	gemischt
15. „	„	gemischt und aller Eierkoth (25,9 trocken)
16. „	„	gemischt

Der procentige Verlust an den einzelnen Bestandtheilen der Eier durch den Koth betrug also:

	Eier	Fleisch Mittel
an Trockensubstanz . .	5,2	5,1
an Stickstoff	2,9	2,6
an Fett	5,0	19,1
an Asche	18,4	18,1

Es unterscheiden sich die harten Eier in Beziehung der Ausnützung der Trockensubstanz und des Eiweisses fast gar nicht von dem gebratenen Fleische. Nur war die Fettmenge im Koth bei den Eiern verhältnissmässig wesentlich geringer, da in ihnen absolut viel mehr Fett verzehrt wurde.

Die Eiweissstoffe des Eies gerinnen bekanntlich zum grössten Theil, wenn sie bis auf 100° erhitzt werden und müssen durch die Verdauungssäfte wieder aufgelöst werden; das Syntonin, der hauptsächlichste eiweissartige Stoff des Fleisches, gerinnt zwar in der Hitze nicht, braucht aber zur Lösung eine Säure oder ebenfalls die Einwirkung von Verdauungssäften.

Aus den Ausnützungsversuchen geht hervor, dass diese Unterschiede beim gesunden Menschen keine Differenz im Nährwerth bedingen, womit jedoch nicht gesagt sein soll, dass hart gesottene Eier in der gleichen Zeit in die Säfte übertreten wie das Fleisch oder dass bei Verdauungsstörungen das Fleisch nicht besser ertragen wird als die harten Eier.

Nachdem sich zwischen Fleisch und harten Eiern in der Verwerthung im Darme kein Unterschied gezeigt hat, ist es höchst wahrscheinlich, dass beim gesunden Menschen das weiche Ei in demselben Grade zur Aufnahme in die Säfte gelangt wie das harte.

Die Stickstoff-Einnahme und Abgabe war bei dem Eierversuch folgende:

Stickstoff in den Eiern	41,5
Stickstoff im Harn und Koth . .	45,0
	— 3,5

---

5) $\left\{ \begin{array}{l} 0{,}5710 \text{ trockener Koth} = 32{,}8^{mg} \text{ N} = 4{,}6 \\ 0{,}7147 \quad „ \quad „ = 27{,}2 \quad „ = 4{,}8 \end{array} \right\} 4{,}7\,\%$

$\left\{ \begin{array}{l} 1{,}1118 \text{ trockener Koth} = 0{,}4541 \text{ Fett} = 40{,}8 \\ 1{,}9558 \quad „ \quad „ = 0{,}7892 \quad „ = 40{,}3 \end{array} \right\} 40{,}5\,\%$

1,9632 trockener Koth = 0,2934 Asche = 14,9 %

d. h. der Körper hat in den beiden Versuchstagen noch 3,5g Stickstoff oder 23g Eiweiss von sich abgegeben.

Den 14. Juli Abends wurde nach dem Eierversuche zuerst Brod, dann etwas Fleisch gegessen. Am 15. Früh erschien Koth, aus Gemüsekoth und altem Eierkoth bestehend; der Koth vom 16. war brauner Koth mit Kümmel, von dem verzehrten Brod herrührend.

Versuch IV. Milchkost (a).

(2.—5. Juli 1876.)

Da die Muttermilch für den Neugebornen eine Nahrung darstellt, an deren Stelle, wenigstens nach einigen Lebensmonaten, auch Kuhmilch gegeben werden kann, und da die Milch auch für den Erwachsenen ein sehr verbreitetes Nahrungsmittel darstellt, so sollte man denken, dass sie im Darme nahezu vollständig, wenigstens so weit als Fleisch und Eier, verwerthet werde.

Die Milch wurde bei den folgenden Versuchen theils in gekochtem, theils in ungekochtem Zustande gereicht.

Das Aussehen des Milchkothes wurde vorher schon beschrieben; ich bemerke nur noch, dass derselbe beim Stehen an der Luft meist eine eigenthümlich rothe Färbung annimmt, die auch in den wässrigen Auszug, der eine schwach alkalische Reaction zeigt, übergeht. Eiweiss und Zucker konnten im Kothe nicht gefunden werden.

Herr Dr. N. Gerber aus Thun (Versuchsperson C, 27 Jahre alt, Körpergewicht 71kg) hat einen dreitägigen Versuch mit Milch ausgeführt, über den ich zuerst berichten will.

Einnahmen.

Datum	Milch frisch[1])	Milch trocken	Stickstoff	Fett	Zucker	Asche
1) 2. Juli	2600	—	—	—	—	—
2) 3. „	2285	—	—	—	—	—
3) 4. „	2430	—	—	—	—	—
Summe	7315	945,1	46,1	285,3	307,2	53,4
im Tag	2438	315,0	15,4	95,1	102,4	17,8

Ausgaben.

Datum	Koth frisch [2])	Koth trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn	Harnsäure
1) 2. Juli	—	—	—	—	—	1565	15,6	0,044
2) 3. „	—	—	—	—	—	2080	10,8	—
3) 4. „	—	—	—	—	—	1630	14,7	0,039
Summe	287,0	74,5	3,0	9,32	26,1	5275	40,6	—
im Tag	96,3	24,8	1,0	4,66	8,7	2637	13,5	—

Die Ausnützung der Trockensubstanz und der einzelnen Nahrungsstoffe stellt sich demnach wie folgt:

an Trockensubstanz . . . . 7,8 %
an Stickstoff 6,5
an Fett 3,3
an Asche 48,8

Darnach wird die Milch ungleich schlechter im Darme verwerthet wie das Fleisch und die Eier; ganz besonders auffallend ist die geringe Aufnahme der Aschebestandtheile der Milch.

---

1) Die Milch enthält nach Prof. Voit in Procent im Mittel:

12,92 feste Theile
87,08 Wasser
0,64 Stickstoff (4,13 Eiweiss)
3,90 Fett
4,20 Zucker
0,73 Asche.

2) 0,9088 trockener Koth = 37,5 mg N = 4,13 } 4,06 %
1,1447 „ „ = 46,0 „ = 4,03 }
1,736 „ „ = 0,215 Fett = 12,4 %
1,369 „ „ = 0,480 Asche = 35,1 %

Datum	Speise	Koth
2. Juli	Milch	0
3. „	„	7 Abds. gemischt u. erster Milchkoth (27 frisch)
4. „	„	Milchkoth (70 frisch)
5. „	gemischt	Milchkoth (58 frisch)
6. „	„	Milchkoth (60 „)
7. „	„	letzter Milchkoth (20 frisch) mit gemischt. Koth

Der Körper befand sich bei der Aufnahme der grossen Quantität der Milch nahezu im Stickstoffgleichgewicht, denn es waren:

Stickstoff in der Milch	46,1
Stickstoff im Harn und Koth . .	43,6
	+ 2,5

so dass also 2,5 Stickstoff im Eiweiss zum Ansatz gelangten.

Versuch V, VI und VII. Milchkost (b, c u. d).

(6. Juli 1878; 18. März 1878; 31. Januar 1877.)

Die schlechte Ausnützung der Milch bestätigte sich in einer grösseren Anzahl von eintägigen Versuchen, die ich selbst auszuführen Gelegenheit hatte. Dieselben sind an verschiedenen Versuchspersonen und unter ganz verschiedenen Bedingungen angestellt worden, grösstentheils um andere Kothsorten abzugrenzen.

Ich berichte zunächst über die im Koth ausgeschiedene Menge Trockensubstanz, geordnet nach der Quantität der aufgenommenen Milch.

Versuchsperson	Milch frisch	Milch trocken	Koth trocken	Verlust in %
D	1025	132,4	10,6	8,0
D	1025	132,4	12,2	9,2
D	1537	198,6	15,3	7,7
D	1537	198,6	15,9	7,8
D	1537	198,6	15,5	7,7
D	2050	264,9	22,8	8,6
A	2050	264,9	22,3	8,4
A	2050	264,9	22,3	8,4
C	2438	315,0	24,7	7,8
D	3075	397,3	33,7	8,5
D	3075	397,4	40,6	10,2
E	4100	529,7	50,0	9,4

Die Menge des Kothes nahm darnach mit der Zunahme der aufgenommenen Milch stetig zu, von 11g Trockensubstanz bis zu 50g, also um das Fünffache. Procentig sind die Schwankungen nur gering; die Werthe sind aber durchgängig nicht unansehnlich höher als bei Verabreichung von Fleisch und Eiern.

Bei drei Versuchen (Nr. V, VI und VII) wurde ausser der Trockensubstanz des Kothes auch dessen Stickstoff-, Fett- und Asche-

gehalt untersucht, worüber die nachfolgende Tabelle Aufschluss giebt.

Einnahmen.

	Milch frisch	Milch trocken	Stickstoff	Fett	Zucker	Asche
A.	2050	264,9	12,9	79,9	86,1	15,0
D.	3075	397,3	19,4	119,9	129,1	22,4
E.	4100	529,7	25,8	160,0	172,2	29,9

Ausgaben.

	Koth trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn
A.	22,3[1])	0,9	5,7	7,0	2610	12,6
D.	40,6[2])	1,5	6,7	10,9	2225	16,6
E.	50,0[3])	3,1	7,4	13,3	—	—

Daraus berechnet sich folgender procentige Verlust durch den Koth:

	Nr. V	Nr. VI	Nr. VII
an Trockensubstanz . .	8,4	10,2	9,4
an Stickstoff	7,0	7,7	12,0
an Fett	7,1	5,6	4,6
an Asche	46,8	48,2	44,5

(siehe Versuch 19)

1) { 0,5820 = 24,0 mg N = 4,12 ; 0,6625 = 27,0 „ = 4,30 } 4,21 %
{ 0,7185 = 0,1930 Fett = 26,8 ; 0,6487 = 0,1715 „ = 26,4 } 26,6 %
{ 0,6700 = 0,2120 Asche = 31,6 ; 0,6346 = 0,1959 „ = 30,9 } 31,2 %

(siehe Versuch 17)

2) { 0,7070 = 26,1 mg N = 3,67 ; 0,7055 = 26,1 „ = 3,68 } 3,67 %
{ 1,4484 = 0,2384 Fett = 15,8 ; 1,3263 = 0,2128 „ = 16,0 } 15,9 %
1,8728 = 0,5038 Asche = 26,9

(siehe Versuch 13)

3) { 0,3868 = 24,2 mg N = 6,25 ; 0,3217 = 19,6 „ = 6,27 } 6,26 %
{ 1,2300 = 0,1800 Fett = 14,6 ; 1,6710 = 0,2185 „ = 14,8 } 14,7 %
{ 0,5653 = 0,1530 Asche = 26,31 ; 0,5168 = 0,1360 „ = 27,01 } 26,6 %

Eiweiss, Fett und Asche werden hier in ähnlicher Weise verwerthet wie in dem Versuche IV; es zeigt sich aber, dass bei Steigerung der Milchgabe zwar die absolute Menge von Stickstoff, Fett und Asche im Koth zunimmt, die procentige Ausnützung des Eiweisses merklich schlechter, die des Fettes und der Asche jedoch günstiger sich gestaltet.

Es giebt selbstverständlich eine Grenze der günstigen Aufnahmsfähigkeit für jedes Nahrungsmittel, über welche hinaus immer mehr und mehr unaufgenommen aus dem Darm abgeht. Es scheint, dass dieser Punkt für die Ausnützung des Stickstoffes der Milch rascher eintritt als für die des Fettes und der Asche.

Nach den vorliegenden Thatsachen steht es fest, dass die Milch unter den animalischen Nahrungsmitteln am schlechtesten im Darm verwerthet wird. Unzweifelhaft hat der bedeutende Aschegehalt des Milchkothes den grössten Einfluss auf die schlechte Ausnützung der Trockensubstanz. Um dies zu erläutern, habe ich für die Fleisch-, Eier- und Milchkost den procentigen Verlust an organischer Substanz berechnet, und zwar nach Abzug der Asche in den Einnahmen und Ausgaben.

Kost	% Verlust an Trockensubstanz	% Verlust an organ. Substanz
Fleisch I . .	4,7	4,1
Fleisch II .	5,6	4,7
Eier . . .	5,2	4,7
Milch IV . .	7,8	5,4

d. h. die procentige Ausnützung der organischen Bestandtheile der Milch ist nur wenig ungünstiger als die der übrigen animalischen Nahrungsmittel. Das Fett der Milch wird im Durchschnitt in derselben Menge resorbirt wie das des Eies.

Was ist nun die Ursache des hohen Aschegehalts des Milchkothes? Die Milchasche ist bekanntlich besonders reich an Kalk, ungleich reicher als z. B. die Fleischasche; der Kalk wird aber grösstentheils mit dem Koth ausgeschieden, gleichgültig ob er ein Residuum des Kalkes der Nahrung ist oder ein Ausscheidungs-

product aus den Säften in den Darm. Im 24stündigen Harn des Menschen fand ich bei Aufnahme von 2000 ccm Milch nur 0,057 g Kalk, von 3075 ccm Milch 0,119 g, bei Aufnahme von Schwarzbrod 0,126 g, während derselbe 41,2% der Milchkothasche ausmacht, oder 13,2% des trockenen Kothes[1]).

Legt man zur Berechnung der Zufuhr an Kalk die Angabe Weber's[2]) zu Grunde, nach welcher 100 Theile Milchasche 17,31 g Kalk enthalten, so sind während des Versuches IV in der Milch 9,24 g Kalk aufgenommen und im Koth 9,83 g abgegeben worden. In den Ausgaben befände sich sonach sogar etwas mehr Kalk als in den Einnahmen.

Man könnte nun meinen, die Milch, welche allerdings beim Erwachsenen in Beziehung der Ausnützung sich nicht günstig stellt, verhalte sich in der ersten Lebenszeit anders.

Prof. Jos. Forster[3]) hat die Ausnützung der Milch bei einem Kinde während langer Zeit untersucht und gefunden, dass bei ihm die Kuhmilch etwas besser verwerthet wird wie beim Erwachsenen, nämlich bis auf 6,35% der Trockensubstanz, aber immerhin noch schlechter als beim Erwachsenen das Fleisch und die Eier.

30—40% des trockenen Milchkothes des Kindes bestanden aus Fett und 34% aus Asche; letztere enthielt so reichlich Calcium, dass es über 11% des trockenen Kothes betrug.

Das von Prof. Forster untersuchte Kind hatte nur 25% des in der Milch aufgenommenen Kalkes nicht im Koth ausgeschieden; dabei war es gesund und nahm an Körpergewicht, wohl also auch an Knochenmasse zu.

Unter gewissen Verhältnissen scheint mehr Asche aus dem Darm in die Säfte überzugehen, nämlich dann wenn der Körper durch irgend welche Ursachen ein Bedürfniss nach dem einen oder anderen Aschebestandtheil hat. In diesem Falle wird auch die Ausnützung der Asche bei verschiedenen Individuen oder bei demselben Individuum zu ungleichen Zeiten eine wechselnde sein.

---

1) 2,6738 trockener Koth = 0,6140 kohlens. Kalk = 13,35% Kalk
1,6043 „ „ = 0,3624 „ „ = 13,17% „

2) Gorup-Besanez, physiolog. Chem. S. 398.

3) Mittheil. d. morph.-physiol. Ges. zu München Nr. III.

Versuch VIII. Kost aus Milch und Käse (e).

(26. Januar 1877.)

Versuchsperson E, Soldat, 23 Jahre alt, 72 kg Körpergewicht.

So wünschenswerth es gewesen wäre, Ausnützungsversuche ausschliesslich mit Käse anzustellen, und so sehr es angestrebt wurde, konnte doch keine Versuchsperson gefunden werden, die es vermocht hätte, grössere Mengen von Käse ohne Zuthat eines anderen Nahrungsmittels zu geniessen.

Ich suchte daher den Einfluss, welchen die Ueberführung der Milch in Käse namentlich auf die Verwerthung des Käsestoffs und des Fettes im Darmcanale ausübt, auf einem Umwege zu erfahren.

Es können nämlich, wie ich mich überzeugt habe, grosse Mengen von Milch und Käse aufgenommen werden. Da die Ausnützung der Milch nach meinen Versuchen bekannt ist, so war die Möglichkeit gegeben, den Effect des Käses zu beurtheilen. Ich erhielt dabei in einem 1tägigen Versuche, bei welchem die Abgrenzung durch Kartoffeln und durch gemischte Kost geschah, Folgendes:

Einnahmen.

Milch frisch	Milch trocken	Käse frisch [1])	Käse trocken	Gesammt-trocken-substanz	Stick-stoff	Fett	Zucker	Asche
2291	296,0	200	123,8	420	24,1	138,6	96,2	27,5

Ausgaben.

Koth frisch [2])	Koth trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Harn-menge
98,3	25,3	0,9	3,8	7,2	1250

---

1) 0,9310 frischer Käse = 0,5760 Trockensubstanz = 61,9 %
0,5760 trockener „ = 0,0503 Asche = 8,73 %.

Nach einer Analyse J. Forster's sind in frischem Käse der zum Versuche verwendeten Sorte (Allgäuer):

	im frischen Käse in %	im trockenen Käse in %
feste Theile . . .	66,8	—
Eiweiss	32,2	48,2
Fett	26,6	39,8

Der procentige Verlust stellt sich

	bei Milch u. Käse	bei 2050 Milch
an Trockensubstanz . .	6,0 %	8,4 %
an Stickstoff	3,7	7,0
an Fett	2,7	7,1
an Asche	26,1	46,8

Es ist sehr auffallend, dass wenn man zugleich mit der Milch Käse verzehrt, trotz der viel grösseren Quantität der aufgenommenen festen Theile, von Stickstoff, Fett und Asche, die Menge des Kothes sowie die des darin enthaltenen Stickstoffs, Fettes und der Asche doch nicht zunimmt; bei Aufnahme von 3075 Milch mit 397 festen Theilen erschienen 30g organische Substanz im Koth, bei Aufnahme von Milch und Käse mit 420 festen Theilen dagegen nur 18g. Die procentige Ausnützung wird daher durch den Käsezusatz besser, und zwar für sämmtliche Nahrungsstoffe.

Auf die relativ bessere Ausnützung der Asche bei Zusatz von Käse zu der Milch möchte ich keinen grossen Werth legen, da die Asche des Käses, vor allem wegen des Zusatzes von Kochsalz, eine andere Zusammensetzung hat als die der Milch.

Wenn man die Ausnützung der organischen Bestandtheile ohne die Asche bei Milch- und Käsekost berechnet, so stellt sich der Verlust derselben durch den Koth zu 4,6 %, also eben so günstig wie die des Fleisches und der Eier.

Der Käse hat daher entweder einen verbessernden Einfluss auf die Aufnahme der Milch im Darme, oder es wird die ganze Masse des Käses ohne Rückstand resorbirt.

2) In Beziehung der Kothausscheidung siehe Versuch 13.

0,4254 trockener Koth	= 15,76 mg N	= 3,70	3,71 %
0,4634 „ „	= 17,29 „	= 3,72	
1,2230 trockener Koth	= 0,1869 Fett	= 15,1	15,0 %
0,8082 „ „	= 0,1204 „	= 14,9	
0,9495 trockener Koth	= 0,2723 Asche	= 28,67	28,6 %
0,7063 „ „	= 0,2012 „	= 28,48	

Versuch IX. Kost aus Milch und Käse (f).

(10. Juni 1877.)

Versuchsperson D, Diener im physiolog. Institut, 43 Jahre alt, Körpergewicht 74 kg.

Dieser eintägige Versuch gab, obwohl er an einer anderen Person angestellt wurde, doch nahezu das gleiche Resultat wie der vorige. Das Ergebniss war folgendes:

Einnahmen.

Milch frisch	Milch trocken	Käse frisch	Käse trocken	Gesammt-trocken-substanz	Stick-stoff	Fett	Zucker	Asche
2050	264,9	218	134,9	399,8	23,5	133,6	86,1	26,7

Ausgaben.

Koth frisch [1])	Koth trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Harn-menge	Stickstoff im Harn
88,2	27,4	0,7	10,1	8,2	1100	24,3

Es ergiebt sich daraus die procentige Ausnützung

an Trockensubstanz . . 6,8 %
an Stickstoff 2,9
an Fett 7,7
an Asche 30,7

Für den Stickstoff und die Asche erhalten wir hier die nämlichen Werthe wie im Versuch VIII, nur das Fett wird in etwas geringerer Menge aufgenommen.

Es wurden dabei im Harn und Koth 25,0 Stickstoff ausgeschieden, während in der verzehrten Milch- und Käsemischung 23,5 Stickstoff eingeführt wurden, so dass der Körper noch 1,5 Stickstoff oder 10 g Eiweiss verlor.

1) In Beziehung der Kothausscheidung siehe Versuch 22.

{ 0,2162 trockener Koth = 5,9 mg N = 2,69 ; 0,1338 „ „ = 3,7 „ = 2,72 } 2,70 %

1,2158 trockener Koth = 0,4633 Fett = 38,1 %

{ 1,5740 trockener Koth = 0,4880 Asche = 31,0 ; 1,3994 „ „ = 0,4300 „ = 30,7 } 30,8 %

Versuch X. Kost aus Milch und Käse (g).

(7. Juni 1877.)

Versuchsperson D.

Ich habe vorher über einen Versuch (VII) berichtet, welcher zeigt, wie bei Aufnahme einer übermässig grossen Quantität von Milch die Ausnützung im Darme abnimmt. Ich habe nun den gleichen Versuch unter Zusatz von viel Käse zur Milch angestellt. Derselbe ergab:

Einnahmen.

Milch frisch	Milch trocken	Käse frisch	Käse trocken	Gesammt-trocken-substanz	Stick-stoff	Fett	Zucker	Asche
2209	285,4	517	320,0	605	38,9	213,5	92,8	44,1

Ausgaben.

Koth frisch [1])	Koth trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Harn-menge	Stickstoff im Harn	Harn-säure
273,7	66,8	1,9	24,6	20,0	1525	25,3	0,200

Daraus berechnet sich eine Ausnützung

an Trockensubstanz . . 11,3 %
an Stickstoff 4,9
an Fett 11,5
an Asche 55,7

Die absolute Quantität des trockenen Kothes ist, entsprechend der bedeutenderen Menge der verzehrten Trockensubstanz, sehr beträchtlich; dennoch ist bei Zusatz von Käse absolut und procentig weniger Stickstoff im Kothe enthalten als bei Versuch VII (mit 4000 Milch), jedoch mehr Fett und Asche. Während bei dem Versuche VII mit viel Milch vor allem das Eiweiss es war, welches einen erhöhten Verlust gegenüber den Versuchen mit weniger Milch zeigte, ist es im Versuch X das Fett und besonders die

1) In Beziehung der Kothausscheidung siehe Versuch 22.

0,2825 trockener Koth = 8,37 mg N = 2,96 %

1,3545 trockener Koth = 0,5137 Fett = 37,9 } 38,1 %
1,4278 „ „ = 0,5470 „ = 38,3 }

1,9269 trockener Koth = 0,5790 Asche = 30,0 } 30,4 %
2,2854 „ „ = 0,7053 „ = 30,8 }

Asche, deren Ausnützung verschlechtert worden ist im Vergleich zu dem Versuche IX bei einer geringeren Gabe von Käse.

In den Einnahmen finden sich 38,9 Stickstoff, in den Ausgaben im Harn und Koth nur 27,2 Stickstoff, so dass ein Ansatz von 11,1 Stickstoff im Körper stattfand.

Die vorliegenden Thatsachen machen es wahrscheinlich, dass einem Erwachsenen eine grössere Menge von Eiweiss, wenn man die Wahl zwischen Milch und Käse hat, besser in letzterem zugeführt wird.

Die Ursache der günstigeren Eiweissausnützung im Käse liegt vielleicht in dem verschiedenen physikalischen Verhalten, in welchem Milch und Käse in den Darm gelangen.

Die Kuhmilch gerinnt nämlich im Magen zu grossen Klumpen, während der Käse, in kleine Stückchen zerkaut, verschluckt wird. Es ist möglich, dass bei Aufnahme von Milch und Käse die Gerinnsel des Caseïns durch die Käsestückchen zertheilt werden, so dass die Milchklumpen keine so grossen Massen mit geringer Oberfläche bilden.

Versuch XI. Mit Mais.

(8. — 10. December 1876.)

Versuchsperson A.

Nachdem durch die Versuche mit Fleisch, Eiern, Milch und Käse ein Einblick in die Art der Ausnützung der vorzüglichsten animalischen Nahrungsmittel gegeben war, sollten sich Versuche mit Nahrungsmitteln vegetabilischen Ursprungs anschliessen. Die Vegetabilien nehmen in dieser Beziehung ein hohes Interesse deshalb in Anspruch, weil der weitaus grösste Theil der Menschheit den Bedarf an Nahrungsstoffen hauptsächlich aus dem Pflanzenreiche bezieht.

Eine sehr ausgedehnte Verwendung der Art findet der Mais, namentlich in Oberitalien, Südtirol etc., wo er im geschroteten Zustande mit Wasser zu einem steifem Brei gekocht als Polenta, unter Zusatz von Käse, hie und da auch unter Zusatz von Fett, als ausschliessliche Nahrung gegessen wird.

Bei meinem zweitägigen Versuche wurde die Polenta, mit Butter übergossen und mit geriebenem Parmesankäse bestreut,

gegessen. Da es aber der Versuchsperson, schon nach den ersten Mahlzeiten, nur schwer gelang, die beabsichtigten Mengen von Speise zuzuführen, so wurde Fleischextract dazu genommen. Ausserdem durften täglich 1250 ccm Bier getrunken werden.

Der Versuch gab die folgenden Werthe:

Einnahmen.

Mais frisch [1])	Mais trocken [2])	Stickstoff	Fett	Asche	alle Einnahmen [3])			
					trocken	Stickstoff	Fett	Asche
700	—	—	—	—	—	—	—	—
800	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe 1500	1282,9	22,19	6,80	7,05	1476	29,39	97,22	53,52
im Tag 750	641,4	11,1	3,4	3,52	738	14,69	48,61	26,76

Ausgaben.

Koth frisch [4])	Koth trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn
—	—	—	—	—	1525	16,24
—	—	—	—	—	1990	14,13
Summe 396,1	98,7	4,54	17,04	16,07	3515	30,37
im Tag 198,0	49,3	2,27	8,52	8,03	1757	15,18

1) Dazu:

	frisch	trocken	Stickstoff	Fett	Asche
Fleischextract (23,1 + 49,2)	72,3	56,6	5,81	—	12,66
Parmesankäse (21,6 + 3,7) .	25,3	19,6	1,39	5,48	1,79
Butter (39,5 + 52,9) . . .	102,2	87,8	—	84,9	1,22
Kochsalz (14,7 + 16,1) . .	30,8	30,8	—	—	30,8

2) { 5,3484 frischer Mais = 4,5787 trocken = 85,61 } 85,53 %
{ 6,1102 „ „ = 5,2217 „ = 85,45 }

{ 0,8750 trockener Mais = 14,69 mg N = 1,67 } 1,73 %
{ 1,1900 „ „ = 21,42 „ = 1,80 }

{ 4,5787 trockener Mais = 0,0254 Fett = 0,55 } 0,53 %
{ 5,2003 „ „ = 0,0274 „ = 0,52 }

{ 4,1047 trockener Mais = 0,0244 Asche = 0,59 } 0,55 %
{ 5,1377 „ „ = 0,0264 „ = 0,51 }

3) in 100 frischem Fleischextract = 21,70 % Wasser
78,30 „ feste Theile
60,79 „ organisch
17,51 „ anorganisch
8,03 „ Stickstoff

(König, Nahrungsmittel S. 21).

Daraus berechnet sich durch den Koth ein Verlust

an Trockensubstanz .	6,7 %
an Stickstoff	15,5
an Kohlehydraten . .	3,2
an Fett	17,5
an Asche	30,0

Die Aufnahme der Trockensubstanz stellt sich beim Mais günstiger als bei der Milch; die des Stickstoffs ist aber eine sehr

3) in 100 frischer Butter = 14,14 % Wasser
83,11 „ Fett
1,19 „ Asche
(a. a. O. S. 44.)

in 100 frischem Parmesankäse = 30,31 % Wasser
34,25 „ Eiweiss
5,48 „ Stickstoff
21,68 „ Fett
7,09 „ Asche
(a. a. O. S. 46.)

4) { 0,1764 trockener Koth = 7,77 mg N = 4,40 ; 0,2930 „ „ = 14,07 „ = 4,80 } 4,60 %
{ 2,0424 trockener Koth = 0,3592 Fett = 17,58 ; 3,0482 „ „ = 0,5174 „ = 16,97 } 17,27 %
{ 2,6706 trockener Koth = 0,4330 Asche = 16,21 ; 2,5996 „ „ = 0,4251 „ = 16,35 } 16,28 %

Datum	Speise	Koth
7. Dec.	Milch	0
8. „	Mais	0
9. „	„	9 Früh gemischt
10. „	Milch	10 Früh Milchkoth u. erster Maiskoth (18,8 tr.) 3½ Nachm. Maiskoth (43,7 tr.)
11. „	gemischt	8½ Früh Maiskoth (13,0 tr.) 5 Nachm. Maiskoth (13,9 tr.)
12. „	„	3½ Nachm. Maiskoth (4,7 tr.)
13. „	„	9 Früh letzter Maiskoth (4,6 tr.) und Milchkoth

Der Maiskoth war theils consistent, theils breiartig zerfliessend, von Gasblasen stark durchsetzt. An Stellen, welche eine grössere Consistenz zeigten, war er von gelbgrüner Farbe; Geruch nach Buttersäure.

ungünstige. Der Verlust von 15,5% an Stickstoff ist sogar noch zu niedrig gegriffen, da ich zu dem Stickstoff der Einnahmen den des reichlich aufgenommenen Fleischextractes mitgezählt habe, dessen Bestandtheile zum weitaus grössten Theil im Darme resorbirt und im Harn wieder ausgeschieden werden. Zieht man den Stickstoff des Fleischextractes von dem der übrigen Einnahmen ab, so erhalten wir in letzteren 23,58 Stickstoff und als Verlust im Koth 19,2%.

Da der procentige Verlust von Stickstoff, Fett und Asche zwischen 16—30% beträgt, der Gesammtverlust an Trockensubstanz aber nur 6,7%, so müssen die im Mais reichlich vorhandenen Kohlehydrate im Darme sehr gut verwerthet werden.

Bringt man von dem zugeführten trockenen Mais das Eiweiss, das Fett und die Asche in Abzug, so bleibt ein Rest, den man mit dem Namen der stickstofffreien Extractstoffe zu bezeichnen pflegt.

Verfährt man mit dem Kothe in gleicher Weise, so bleibt ein Rest, der nicht vollständig aus stickstofffreien Extractstoffen bestehen kann, da man einen solchen auch erhält bei Kothsorten nach Aufnahme von Substanzen, welche nur Spuren von stickstofffreien Extractstoffen enthalten, wie z. B. nach Aufnahme von Fleisch. Eben so wenig ist der Stickstoff des Kothes ganz in Eiweiss vorhanden; auch enthält das Aetherextract nicht nur Neutralfette. Trotzdem will ich im Kothe wie in dem Mais die stickstofffreien Extractstoffe berechnen, da die Zahlen genau genug sind, um gewisse Schlüsse daraus zu ziehen. Darnach wären in dem verzehrten Mais 1126 g Kohlehydrate enthalten, im Kothe noch 36,4 g, so dass der Verlust derselben in letzterem nur 3,23% betragen würde; wahrscheinlich stellt sich die Ausnützung sogar noch besser heraus.

In den Einnahmen befanden sich 29,39 Stickstoff, in den Ausgaben im Harn und Koth 34,90; es wurden also in 2 Tagen noch 5,51 g Stickstoff vom Körper abgegeben.

Nach den Angaben von H. Ranke[1]) verzehren die italienischen Arbeiter täglich 1000 g Mais mit 150 g Käse, bedeutend mehr als

1) Zeitschrift für Biologie 1877 Bd. 13 S. 130.

meine Versuchsperson, welche nur 750g Mais bewältigen konnte, allerdings ohne grössere Arbeitsleistung; zur Deckung des Eiweissbedarfes hätte es daher in meinem Falle einer grösseren Käsemenge bedurft.

Versuch XII. Mit Reis.

(24.—26. Januar 1877.)

Versuchsperson A.

In noch viel grösserer Ausdehnung als der Mais wird der Reis zur Volksernährung verwendet, vorzüglich in Ostindien, Japan, China etc.

Die Zubereitungsformen des Reises zu Speisen sind sehr mannigfaltige; ich wählte zu meinem Versuche jedoch nur diejenige, welche sich bei uns allenthalben eingebürgert hat, nämlich den Risotto. Zur Herstellung desselben kocht man 125g Reis mit 20g Rindsmark in etwa 500ccm Wasser bis zur gehörigen Erweichung der Körner.

Man pflegt statt des Wassers gewöhnlich Fleischsuppe zu verwenden, da dadurch der Reis einen besseren Geschmack bekommt. Bei meinem Versuche hatte ich zu der ersten Mahlzeit Wasser angewendet, sah mich aber später, wenn der Versuch nicht überhaupt abgebrochen werden sollte, zur Beigabe von Fleischextract genöthigt.

Die Abgrenzung des Kothes geschah bei Beginn des Versuches mit Fleisch, am Schlusse desselben mit Milch. Mit Fleisch anfangs deshalb, weil die Versuchsperson grosse Abneigung gegen Milch hatte; gegenüber der eintönigen Reiskost dagegen erschien später die Milch als eine sehr willkommene Abwechslung.

Die Einnahmen und Ausgaben stellten sich dabei wie folgt:

Einnahmen.

Reis frisch [1]	Reis trocken [2]	Stickstoff	Kohlehydrate	Asche	alle Einnahmen [3]				
					trocken	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate	Asche
660	—	—	—	—	—	—	—	—	—
616	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Summe 1276	1103,8	17,8	985,8	8,5	1320,5	20,9	148,3	985,8	47,6
im Tag 638	551,9	8,9	492,9	4,2	660,2	16,4	74,1	492,9	23,8

Ausgaben.

	Koth frisch [4])	Koth trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn
	—	—	—	—	—	2380	13,28
	—	—	—	—	—	2090	9,86
Summe	389,3	54,5	4,27	10,5	7,14	4470	23,14
im Tag	194,6	27,2	2,13	5,2	3,57	2235	11,59

Der procentige Verlust im Koth beträgt demnach:

an Trockensubstanz . . 4,1 %
an Stickstoff 20,4
an Fett 7,1
an Kohlehydraten . . 0,9
an Asche 15,0

1) Dazu:

	frisch	trocken	Stickstoff	Asche
Fleischextract (25,3 + 23,5) . .	48,3	37,8	3,88	8,55
Rindsmark (86,4 + 78,3) . . .	164,7	148,3	—	—
Kochsalz (12,1 + 18,5)	30,6	30,6	—	30,6

2) { 6,5293 frischer Reis = 5,6238 trocken = 86,12 ; 0,9300 „ „ = 0,8081 „ = 86,88 } 86,5 %

{ 0,8044 trockener Reis = 11,6 mg N = 1,44 ; 2,6705 „ „ = 39,45 „ = 1,47 ; 2,2530 „ „ = 38,40 „ = 1,70 } 1,54 %

5,6238 trockener Reis = 0,0438 Asche = 0,77 %

3) Rindsfett = 9,96 % Wasser
90,04 „ feste Theile.
(König a. a. O. S. 14.)

4) { 0,2825 trockener Koth = 22,08 mg N = 7,81 ; 0,3189 „ „ = 25,23 „ = 7,91 } 7,85 %

{ 1,7275 trockener Koth = 0,2018 Asche = 13,15 ; 2,2140 „ „ = 0,2910 „ = 13,14 } 13,15 %

{ 2,2210 trockener Koth = 0,4298 Fett = 19,35 ; 2,0030 „ „ = 0,3980 „ = 19,36 } 19,36 %

Datum	Speise	Koth	
23. Jan.	Fleisch	—	0
24. „	Reis	11 Vorm.	gemischt
25. „	„	11½ „	Fleischkoth u. erster Reiskoth (11,8 tr.)
26. „	Milch	11½ Vorm.	Reiskoth (19,0 tr.)
		12½ Nachm.	letzter Reiskoth (23,7 tr.)
27. „	gemischt	8½ Früh	Milchkoth

Die Ausnützung der Trockensubstanz des Reises erreicht daher die des Fleisches. Dagegen stellt sich wie beim Mais die schlechte Verwerthung des Stickstoffs ein, da 20,4% des zugeführten Stickstoffs sich im Kothe wieder finden, ja selbst 25,1%, wenn man den Stickstoff des Fleischextractes nicht berücksichtigt. Fett und Asche, besonders aber die Kohlehydrate gelangen besser als im Mais zur Resorption.

Beim Reis bildete wie beim Mais das grosse Volumen ein bedeutendes Hinderniss für die Aufnahme der Speise. Wenn der Reis bis zum geniessbaren Grade in Wasser aufgequollen ist, nimmt sein Gewicht um das 4—5fache des lufttrockenen Reises zu, so dass er nur etwa 20% feste Theile enthält, während das Fleisch beim Braten Wasser verliert und 42% feste Theile einschliesst.

Der Koth nach der Zufuhr von Reis war von dünnbreiiger Consistenz, hellgelb, von Gasblasen durchsetzt, stark nach flüchtigen Fettsäuren riechend und von stark saurer Reaction. Bei Zusatz eines Alkalis verschwand alsbald der üble Geruch. Im Wesentlichen verhielt sich der Reiskoth wie der Maiskoth.

Auch hier übersteigt wie beim Genuss von Mais die Stickstoffabgabe die Stickstoffaufnahme; in dem verzehrten Risotto befanden sich 20,9 Stickstoff, im Harn und Koth 27,41g, so dass der Körper in 2 Tagen 6,5 Stickstoff oder 42 Eiweiss verlor. Es hätte daher zur Erhaltung des Eiweissstandes noch eine eiweissreiche Substanz zugeführt werden müssen. 638g Reis sind auch nicht ausreichend zur Erhaltung eines kräftigen arbeitenden Körpers; es gehören, selbst wenn man noch eiweissreiche Nahrungsmittel nebenbei geniesst, etwa 900g dazu.

Versuch XIII. Mit Kartoffeln.

(27.—30. Januar 1877.)

Versuchsperson E.

Es war von Bedeutung, Ausnützungsversuche mit Kartoffeln anzustellen, da die Kartoffel ein namentlich in Deutschland, Irland etc. sehr verbreitetes Nahrungsmittel ist, welches in der mannigfaltigsten Weise zum Genusse zubereitet werden kann.

Zu dem betreffenden Versuche wurde ein kräftiger Soldat benützt, welcher, in der bayerischen Oberpfalz zu Hause, an reichliche Kartoffelaufnahme gewöhnt war.

Anfangs war beabsichtigt, eine einzige Zubereitungsform der Kartoffel während der ganzen dreitägigen Versuchszeit beizubehalten. Bei der Ausführung des Versuches überzeugte ich mich aber schon bei der ersten Mahlzeit, dass man auf diesen Plan verzichten müsse, wenn anders man eine erhebliche Zufuhr von Kartoffeln zu Stande bringen wollte. So wurden denn die gesottenen Kartoffeln mit Salz, oder mit Butter, oder mit Essig und Oel als Salat gegessen, oder auch in Form von Schnitzen oder geröstet verabreicht.

Die rohen Kartoffeln wurden zuerst in kaltem Wasser gewaschen, gut abgetrocknet, darauf eine gewisse Menge derselben abgewogen, gesotten, abgetrocknet und wieder gewogen. Von der letzteren Masse wurde zum Gebrauch weggenommen und die Schalen zurückgewogen.

Die Ergebnisse des Versuchs waren folgende:

Einnahmen.

rohe Kartoffel ohne Schale [1])	trocken [3])	Stickstoff	Asche	alle Einnahmen				
				trocken	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate	Asche
2967,6	—	—	—	—	—	—	—	—
2789,1	—	—	—	—	—	—	—	—
3476,1	—	—	—	—	—	—	—	—
9232,8 [2])	2457,8	34,37	79,54	2993,0	34,37	430,3	2154,2	192,1
3077,6	819,3	11,45	26,51	967,7	11,45	143,8	718,1	64,0

1) Die Schalen wogen: 235,9 g
206,6
214,7
657,2

Die Kartoffeln erfahren beim Sieden so gut wie keine Gewichtsveränderung (sie nehmen auf 1000 g im Mittel um 8,6 g zu).

2) Dazu:

	frisch	trocken	Stickstoff	Asche
Oel (18 + 17 + 37)	72,0	72,0	—	—
Butter (122,9 + 97,8 + 197,2) . . .	417,2	358,2	—	4,96
Kochsalz (27,2 + 37,7 + 42,7) . . .	107,6	107,6	—	107,6

3) 202,6 rohe Kartoffel = 55,4 trocken = 27,34 } 26,62 %
244,0 „ „ = 56,2 „ = 25,90 }

1,0188 trockene Kartoffel = 13,878 mg N = 1,36 } 1,40 %
0,9381 „ „ = 13,627 „ = 1,45 }

4,4516 trockene Kartoffel = 0,1455 Asche = 3,24 %

Ausgaben.

Koth frisch[4])	Koth trocken	Stick-stoff	Fett	Asche	Harn-menge [5])	Stickstoff im Harn	Harn-säure
—	—	—	—	—	1570	12,8	0,61
·	—	—	—	—	1330	7,6	0,51
—	—	—	—	—	2000	6,0	0,55
1905,0	281,4	11,06	15,93	30,39	4900	26,4	—
635,0	93,8	3,69	5,31	10,13	1633	8,8	—

Der Verlust durch den Koth betrug also:

an Trockensubstanz . 9,4 %
an Stickstoff 32,2
an Fett 3,7
an Kohlehydraten . . 7,6
an Asche 15,8

4) { 0,2810 trockener Koth = 10,408 mg N = 3,70 } 3,93 %
{ 0,2342 „ „ = 9,777 „ = 4,17 }
{ 3,4680 trockener Koth = 0,1915 Fett = 5,52 } 5,66 %
{ 3,4734 „ „ = 0,2016 „ = 5,80 }
{ 2,0500 trockener Koth = 0,2222 Asche = 10,83 } 10,80 %
{ 2,1575 „ „ = 0,2327 „ = 10,78 }

Datum	Speise	Koth	
26. Jan.	Milch u. Käse	—	0
27. „	Kartoffeln	8 Früh	gemischt
28. „	„	11 Vorm.	Milch u. Käsekoth (98,3 fr. = 25,3 tr.) u. erster Kart.-Koth (183,4 fr. = 26,2 tr.)
		4 Nachm.	Kart.-Koth (242,5 fr. = 31,9 tr.)
		12 Nachts	„ (239,5 fr. = 30,4 tr.)
29. „	„	10 Vorm.	Kart.-Koth (283,1 fr. = 34,1 tr.)
		2 Nachm.	„ (375,8 fr. = 47,6 tr.)
		8 Abends	„ (230,8 fr. = 31,8 tr.)
30. „	Milch	12 Mittag	Kart.-Koth (350,3 fr. = 45,6 tr.)
		4 Nachm.	„ (102,4 fr. = 14,4 tr.)
		1 Nachts	„ (108,0 fr. = 15,2 tr.)
31. „	gemischt	12 Mittag	letzt. Kart.-Koth (20,0 fr. = 4,2 tr.) u. Milchkoth (240,7 fr. = 50,0 tr.)
1. Febr.	„	—	gemischter Koth

5) Der Harn reagirte am Tage, welcher der Kartoffelaufnahme vorausging, deutlich sauer; mit der Kartoffelkost erschien alkalischer Harn.

Von der in der Kartoffelkost eingeführten Trockensubstanz wird entschieden weniger im Darm resorbirt als beim Mais und Reis. Vor allem sind es aber auch hier wieder die sickstoffhaltigen Stoffe, welche in geringer Menge ausgenützt werden, da nahezu ein Drittheil derselben in den Koth übergeht.

Die Kohlehydrate der Kartoffeln betheiligen sich mit einem grösseren Procentsatz am Verluste, als die vom Mais und namentlich die vom Reis; jedoch ist zu bemerken, dass in den Kartoffeln absolut mehr Kohlehydrate verzehrt wurden wie in dem Mais und Reis.

Fett und Asche zeigen in Beziehung der Resorption nichts Bemerkenswerthes; doch möchte ich darauf hinweisen, dass das Fett aus den Kartoffelspeisen nicht minder gut zur Verwerthung gelangte als z. B. aus der Eierkost, obgleich ein beträchtlicher Theil der Kohlehydrate und besonders des Stickstoffs der ersteren nicht in die Säfte überging.

Da die absolute Menge des Kothes eine sehr grosse ist, so sind die Kothentleerungen viel häufiger als bei anderer Kost; es wurde mehrmals im Tag, ja selbst während der Nacht Koth abgegeben.

Der Koth ist sehr reich an Wasser, denn er enthält nur 14,8 % feste Theile. Er ist meist breiig, hellgelb, stark übelriechend, aber nicht von Gasblasen durchsetzt, sauer reagirend. Es werden noch ganze Kartoffelstückchen darin ausgeschieden, welche deutliche Stärkereaction mit Jod geben.

Bei ausschliesslicher Kartoffelkost. sinkt die Stickstoffausscheidung im Harn wegen der reichlichen Stickstoffentleerung im Koth sehr bedeutend. In den Einnahmen befanden sich 34,4 Stickstoff, im Harn und Koth 37,5, so dass der Körper in 3 Tagen 3,1 Stickstoff verlor, nicht mehr wie bei der Mais- und Reiskost.

Der Mann nahm im Tag 3078^{g} Kartoffeln auf, an denen er aber, man kann sagen, den ganzen Tag über ass; die Tagesportion eines irischen Arbeiters an Kartoffeln wird zu 4500^{g} angeschlagen.

Versuch XIV. Mit Weissbrod (a).

(13. — 16. Februar 1878.)

Versuchsperson D.

Bisher habe ich mich darauf beschränkt, die Ausnützung eines Nahrungsmittels bei einer Art der Zubereitung festzustellen. Es ist aber recht wohl denkbar, dass die verschiedene Art der Zubereitung eines und desselben Nahrungsmittels zu mancherlei Speisen nicht nur eine Abwechslung im Geschmacke bedingt, sondern auch eine ungleiche Ausnützung im Darmcanale zur Folge hat.

Zu einer Untersuchung in dieser Richtung wurde Weizenmehl gewählt, das zu allerlei Gebäcken geformt werden kann. Die Versuche von Dr. Gustav Mayer hatten schon ergeben, dass der menschliche Darm Semmel in viel höherem Maasse ausnützt als Schwarzbrod.

Ich liess daher aus derselben Quantität des gleichen Mehles Brod backen oder Spätzeln und Knödel bereiten, um zu sehen, ob die bei verschiedenen Stämmen gebräuchlichen und die Hauptmasse der Nahrung darstellenden Gebäcke aus Mehl den gleichen Werth besitzen.

Es wurde zu dem Zwecke eine grössere Menge guten weissen Weizenmehls feinerer Sorte angekauft, in einem grossen Troge wohl gemischt, dann Portionen für die einzelnen Versuche weggenommen und in verschliessbaren Gläsern aufbewahrt. Während des Ueberfüllens wurden eine Anzahl von Proben zur Bestimmung des Wassergehaltes des Mehles weggenommen.

Die Zubereitung des Brodes geschah im physiologischen Institute unter meiner steten Aufsicht. Der Teig, dem etwas Hefe zugesetzt worden war, wurde ohne Verlust auf ein mit etwas Bienenwachs bestrichenes Eisenblech gebracht und gebacken.

Der Versuch ergab:

Einnahmen.

Mehl frisch [1])	Mehl trocken [2])	Stickstoff	Asche	alle Einnahmen [3])			
				trocken	Stickstoff	Kohlehydrate	Asche
505	—	—	—	—	—	—	—
603	—	—	—	—	—	—	—
392	—	—	—	—	—	—	—
Summe 1500	1315,5	21,44	4,08	1364,2	22,78	1173,4	29,9
im Tag 500	438,8	7,14	1,39	421,4	7,59	391,1	9,9

Ausgaben.

	Koth frisch	Koth trocken[4])	Stickstoff	Asche	Harn-menge	Stickstoff im Harn	Stickstoff aus Harnstoff
	—	—	—	—	730	13,87	13,0
	—	—	—	—	580	9,93	10,0
	—	—	—	—	645	9,88	10,0
Summe	285,7	70,6	5,86	7,6	1955	33,68	33,0
im Tag	95,2	23,5	1,95	2,5	652	11,23	11,0

1) Dazu:

	frisch	trocken	Stickstoff
Hefe	88,8	22,9	1,34
Kochsalz (8,4 + 10,3 + 7,1) . .	25,8	—	—

500 lufttrockenes Mehl = 689 g Brod.

2)
3,0450 lufttrockenes Mehl = 2,6680 trocken = 87,61
2,8045 „ „ = 2,4600 „ = 87,71
3,3700 „ „ = 2,9455 „ = 87,40
3,7000 „ „ = 3,2615 „ = 88,14
} 87,71 %

0,6080 trockenes Mehl = 10,30 mg N = 1,69
0,6908 „ „ = 11,00 „ = 1,58
} 1,63 %

1,3765 trockenes Mehl = 0,0070 Asche = 0,51
1,5293 „ „ = 0,0078 „ = 0,51
} 0,51 %

3) 1,9980 frische Hefe = 0,5148 trocken = 25,76 %

0,1730 trockene Hefe = 11,044 mg N = 6,38
0,2605 „ „ = 14,056 „ = 5,35
} 5,86 %

4)
0,4330 trockener Koth = 36,564 mg N = 8,44
0,5490 „ „ = 44,874 „ = 8,17
} 8,30 %

0,7005 trockener Koth = 0,0765 Asche = 10,92
1,1318 „ „ = 0,1208 „ = 10,67
} 10,79 %

Datum	Speise	Koth	
12. Febr.	Milch	—	0
13. „	Weissbrod	—	0
14. „	„	4 Nachm.	gemischter Koth, Milchkoth (10,6 tr.) u. erster Brodkoth (14,8 tr.)
15. „	„	10 Vorm.	Brodkoth (27,3 tr.)
16. „	Milch	12 Mittag	Brodkoth } 28,5
17. „	gemischt	—	„ } 28,5 und Milchkoth
18. „	„	—	Milchkoth, gemischter Koth

Darnach beträgt der procentige Verlust im Koth:

an Trockensubstanz . .	5,2 %
an Stickstoff	25,7
an Kohlehydraten . .	1,4
an Asche	25,4

Das Resultat des Versuchs ist, den bis jetzt bei Aufnahme von Vegetabilien erhaltenen Werthen gegenüber, kein abweichendes. Der Stickstoff betheiligt sich abermals mit einem hohen Procentsatze an dem Verluste.

Der entleerte Koth war teigartig, ziemlich consistent und von gelbbrauner Farbe. Der wässrige Auszug zeigte keine saure, sondern eine schwach alkalische Reaction.

G. Mayer fand bei Aufnahme von Weissbrod, von Semmel, einen Verlust von 5,6% der Trockensubstanz, was mit meinem Ergebnisse sehr nahe übereinstimmt. Dagegen erhielt er eine etwas bessere Verwerthung des Stickstoffs und eine ungünstigere der Asche.

Die Stickstoffbilanz ergiebt

in den Einnahmen . .	22,78 Stickstoff
im Harn und Koth .	36,54 „
	— 16,76 Stickstoff

An drei Tagen nahm daher der Körper noch um 16,76 Stickstoff ab; das Brod reichte nicht hin, den Körper auf seinem Eiweissbestande zu erhalten.

Versuch XV. Mit Weissbrod (b).

(21.—24. Februar 1878.)

Versuchsperson D.

Da das Versuchsindividuum bei einer täglichen Aufnahme von 500g frischem Mehl, zu Brod verbacken, sich noch etwas hungrig fühlte und erklärte, mehr aufnehmen zu können, so habe ich den Versuch mit einer grösseren Menge von Mehl und Weissbrod wiederholt.

Der Mann verzehrte auch wirklich ansehnlich mehr Brod, ohne dass er über ein Gefühl rascher Uebersättigung wie bei den übrigen Nahrungsmitteln klagte.

Die Abgrenzung des Kothes geschah mit Milch. Das Resultat des Versuchs war jedoch insofern nicht ganz zufriedenstellend,

als sich der Anfangsmilchkoth in den Versuchskoth hineingeschoben fand und ein ähnliches Verhältniss sich auch zum Schlusse ergab. Ich führe diese Verschiebungen des Kothes darauf zurück, dass vor und nach der Brodkost nur 1000 ccm Milch gegeben worden waren.

Da ich aber vor und nach der Milchkost vorwiegend Fleisch aufnehmen liess, so war es möglich, den Milch- und Brodkoth scharf von dem der fleischreichen Kost zu trennen. Ich berechnete dann die Menge des Brodkothes, indem ich von dem Gewichte des Milch- und Brodkothes die mir aus anderen Versuchen bekannte, auf 1000 ccm Milch treffende Kothquantität in Abzug brachte.

Der trockene Milch- und Brodkoth wog 109,4 g, der Milchkoth wurde zu 22,8 g berechnet, so dass das Gewicht des trockenen Brodkothes 86,6 g betrug.

Die Analysen des Kothes wurden nur in einer solchen Portion ausgeführt, welche sicher frei von einer Beimengung von Milchkoth war.

Der Versuch lieferte folgende Zahlen:

Einnahmen.

Mehl frisch [1]	Mehl trocken [2]	Stickstoff	Asche	alle Einnahmen trocken	Stickstoff	Kohlehydrate	Asche
698	—	—	—	—	—	—	—
834	—	—	—	—	—	—	—
1068	—	—	—	—	—	—	—
Summe 2580	2258,8	36,8	11,52	2338,2	39,11	2010,3	51,52
im Tag 860	752,9	12,3	3,84	779,4	13,04	670,1	17,17

1) Dazu:

	frisch	trocken	Stickstoff
Hefe (59 + 51 + 44) . . .	153,0	39,4	2,30
Kochsalz (15 + 14 + 12) . .	40,0	—	—

2)

1,8650 lufttrockenes Mehl	= 1,6300 trocken	= 87,39		
1,1535 „ „	= 1,0100 „	= 87,55		
1,4930 „ „	= 1,3055 „	= 87,44		
1,0190 „ „	= 0,8915 „	= 87,46	87,55 %	
1,3040 „ „	= 1,1435 „	= 87,69		
0,8850 „ „	= 0,7755 „	= 87,62		
1,1700 „ „	= 1,0265 „	= 87,73		

Ausgaben.

Koth trocken [1])	Stickstoff	Asche	Harn-menge	Stickstoff im Harn	Stickstoff aus Harnstoff
—	—	—	840	12,78	12,33
—	—	—	850	12,31	12,28
—	—	—	860	12,44	12,28
Summe 86,6	7,33	8,93	2550	37,53	36,89
im Tag 28,9	2,44	2,98	850	12,51	12,29

Daraus berechnet sich ein Verlust:

an Trockensubstanz . . 3,7 %
an Stickstoff 18,7
an Kohlehydraten . . 0,8
an Asche 17,3

Obwohl bei der reichlicheren Brodaufnahme die absolute Menge des trockenen Kothes ansehnlich grösser ausfällt, so ist doch die procentige Ausnützung der gesammten Trockensubstanz; sowie die der einzelnen Nahrungsstoffe eine bessere. Ein ähnliches Resultat hatte sich unter den gleichen Umständen auch bei den beiden Fleischversuchen ergeben.

Der entleerte Koth war geformt, von lehmartiger Consistenz, hellgelb; er zeigte eine schwach saure Reaction.

1) { 0,5240 trockener Koth = 43,90 mg N = 8,37 } 8,46 %
{ 0,8295 „ „ = 71,05 „ = 8,56 }
{ 1,6813 trockener Koth = 0,1735 Asche = 10,31 } 10,31 %
{ 1,4039 „ „ = 0,1450 „ = 10,32 }
{ 122,0 frischer Koth = 30,0 trocken = 24,6 } 26,5 %
{ 97,8 „ „ = 27,8 „ = 28,4 }

Datum	Speise	Koth	
20. Febr.	Milch	—	0
21. „	Weissbrod	—	0
22. „	„	12 Mittag	gemischter Koth, Milchkoth
23. „	„	4 Nachm.	Milchkoth, Brodkoth
24. „	Milch	—	0
25. „	gemischt	—	Brodkoth
26. „	„	—	Milchkoth, gemischter Koth

Auch hier vermochte der Körper sich nicht auf seinem Eiweissstande zu erhalten; denn in dem Brod wurden 39,11 Stickstoff eingeführt, im Harn und Koth aber 44,98g entleert, so dass der Körper noch 5,87 Stickstoff in 3 Tagen einbüsste. Der Verlust an Stickstoff war jedoch wesentlich geringer als im vorigen Versuche, bei welchem weniger Brod aufgenommen worden war.

Versuch XVI. Mit Spätzeln.

(7.—10. März 1878.)

Versuchsperson D.

Die sogenannten Spätzeln sind ein im Schwabenlande sehr verbreitetes und beliebtes Gericht, ähnlich wie in Oberbayern die Knödel oder die Nudeln.

Die Spätzeln werden gewöhnlich bereitet, indem man aus Mehl, Wasser, Milch und Eiern einen steifen Teig anmacht und diesen dann durch ein grosslöcheriges Sieb treibt und in kochendes Wasser abtropfen lässt. Die Flüssigkeit wird einige Zeit im Kochen erhalten und dann von den Spätzeln abgegossen.

Zu meinem Versuche wurde das Gericht nur mit Wasser hergestellt.

Da beim Kochen eine nicht unbeträchtliche Menge von dem Teige in das Wasser übergeht, so wurde, um den Wasserverlust zu bestimmen, die Flüssigkeit eingedickt und bei 100° getrocknet.

Dabei erhielt ich:

2641 lufttrockenes Mehl

= 2312,2 trocken	= 37,78 Stickstoff	= 1819,0 Kohlehydrate	= 11,79 Asche
+ 85,0 Kochsalz			+ 85,00 Kochsalz
2397,2 trocken			96,79 Asche
im abgegossenen Wasser [1])			
= 169,0 trocken	= 2,01 Stickstoff	= 136,5 Kohlehydrate	= 19,54 Asche
also in der Speise			
= 2228,2 trocken	= 35,77 Stickstoff	= 1672,5 Kohlehydrate	= 77,25 Asche

1) { 6,4600 trocken = 0,7490 Asche = 11,59 / 5,7542 „ = 0,6645 „ = 11,54 } 11,56 %
{ 0,8453 trocken = 10,175 mg N = 1,20 / 0,7815 „ = 9,232 „ = 1,18 } 1,19 %

In der Asche des Wasserrückstandes befanden sich 16,06 Kochsalz (88,2%); es sind demnach 68,9 g Kochsalz verzehrt worden.

Die Beziehungen der Einnahmen und Ausgaben finden sich in der folgenden Tabelle.

Einnahmen.

Trockensubstanz	Stickstoff	Kohlehydrate	Asche
743	—	—	—
743	—	—	—
743	—	—	—
Summe 2229	35,77	1672,5	76,3
im Tag 743	11,92	557,5	25,4

Ausgaben.

Koth trocken [1])	Stickstoff	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn	Stickstoff aus Harnstoff
—	—	—	820	14,8	14,7
—	—	—	1230	13,3	13,3
—	—	—	1570	13,9	—
Summe 108,8	6,93	16,1	3620	42,0	—
im Tag 36,3	2,31	5,4	1207	14,0	14,0

1) { 0,4338 trockener Koth = 27,007 mg N = 6,22 } 6,37 %
{ 1,0025 „ „ = 65,372 „ = 6,52 }
{ 0,6526 trockener Koth = 0,0965 Asche = 14,78 } 14,76 %
{ 1,1774 „ „ = 0,1735 „ = 14,73 }

Datum	Speise	Koth	
6. März	Milch	—	0
7. „	Spätzeln	4 Nachm.	gemischt und Milchkoth
8. „	„	12 Mittag	Milch- und erster Spätzelkoth (11,9 tr.)
9. „	„	3 Nachts	Spätzelkoth (53,0 tr.)
10. „	Milch	7 Morg.	letzter Spätzelkoth (43,9 tr.)
11. „	gemischt	—	0
12. „	„	—	Milchkoth (15,3 tr.) und gemischter Koth

Im Koth wurden daher ausgeschieden:

an Trockensubstanz . .	4,9 %
an Stickstoff	20,5
an Kohlehydraten . .	1,6
an Asche	20,9

Die Spätzeln verhalten sich demnach nahezu so, wie das aus demselben Mehle gsbackene Weissbrod; sie werden sogar in allen Stücken etwas weniger gut ausgenützt als das Weissbrod in Versuch 15. Die absolute Menge des Kothes ist in beiden Fällen die gleiche. Da mit Knödeln und anderen Gebäcken das nämliche Resultat zu erwarten war, so habe ich es unterlassen, weitere Versuche mit verschiedenen Speisen aus dem gleichen Mehle anzustellen.

Der Vergleich der Stickstoff-Einnahmen und Ausgaben giebt:

in den Spätzeln . . .	35,77 Stickstoff
im Harn und Koth .	48,93 „
	— 13,16 Stickstoff

Trotz der reichlichen Zufuhr gab auch hier der Körper noch Stickstoff von sich ab, und zwar noch mehr wie bei der Aufnahme von Weissbrod (in Versuch 15).

Versuch XVII. Mit Schwarzbrod.

(16.—18. Mai 1878.)

Versuchsperson D.

Durch die im hiesigen physiologischen Laboratorium von E. Bischoff ausgeführten Versuche wurde constatirt, dass das Schwarzbrod im Darm des Hundes schlecht verwerthet wird, da es eine grosse Menge eines stark sauer reagirenden Kothes liefert. G. Mayer bestätigte dies für den Menschen, und zeigte, dass das Weissbrod sich ungleich günstiger verhält. Da ich mit aus Weizenmehl hergestelltem Weissbrod und den Spätzeln keine grosse Kothmenge erhalten hatte, so gab ich zur Controle der gleichen Versuchsperson auch Schwarzbrod, aus grobem Roggenmehl mit Sauerteig gebacken.

Dasselbe wurde in einer Bäckerei auf dem Lande angekauft und frei von der Rinde gegeben, um die Zusammensetzung sicherer ermitteln zu können.

Das Versuchsergebniss war folgendes:

Einnahmen.

	Brod frisch [1])	Brod trocken	Stickstoff	Kohlehydrate	Asche	Kochsalz
	1420	—	—	—	—	—
	1300	—	—	—	—	—
Summe	2720	1529,4	26,61	1318,6	39,46	17,2
im Tag	1360	764,7	13,30	659,3	10,73	8,6

Ausgaben.

	Koth trocken [2])	Stickstoff	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn	Stickstoff aus Harnstoff
	—	—	—	1134	14,24	15,9
	—	—	—	2050	10,90	13,1
Summe	231,6	8,52	20,40	3184	25,14	29,0
im Tag	115,8	4,26	10,20	1592	12,57	14,5

Der Verlust im Koth betrug demnach:

an Trockensubstanz . . 15,0 %
an Stickstoff 32,0
an Kohlehydraten . . 10,9
an Asche 36,0

---

1) { a) 50,0 frische Krume = 28,0 trocken = 56,0 ; b) 77,2 „ „ = 43,6 „ = 56,5 } 56,23 %

{ 0,9843 trockenes Brod = 17,720 mg N = 1,80 ; 0,9440 „ „ = 17,174 „ = 1,81 ; 0,7628 „ „ = 12,468 „ = 1,63 } 1,74 %

{ a) 2,1800 trockenes Brod = 0,0625 Asche = 2,87 ; b) 2,0232 „ „ = 0,0465 „ = 2,29 } 2,58 %

Chlorbestimmung in der Brodasche nach Mohr:

{ a) 0,0625 Asche brauchen 2,5 ccm Silberlösung (1 ccm = 9,8 mg ClNa) = 39,20 % ClNa ; b) 0,0465 „ „ 2,0 „ „ = 43,87 „ „ }

41,53 % ClNa

2) { 0,3883 trockener Koth = 14,95 mg N = 3,85 ; 0,3377 „ „ = 11,91 „ = 3,52 } 3,68 %

{ 2,9305 trockener Koth = 0,2600 Asche = 8,87 ; 3,7505 „ „ = 0,3285 „ = 8,75 } 8,81 %

{ 258 frischer Koth = 42,5 trocken = 16,4 ; 617 „ „ = 78,3 „ = 12,6 ; 190 „ „ = 27,1 „ = 13,6 } 14,2 %

Bei der gleichen Menge der im Tag in den Magen eingebrachten Trockensubstanz ist darnach die Ausnützung des Schwarzbrodes ungemein viel schlechter als die des Weissbrodes oder der Spätzeln, ja aller bisher untersuchten Kostarten, namentlich erscheint auch das Stärkemehl in grösserer Menge in dem Kothe wieder, in dem es mit Jod leicht nachzuweisen ist.

In dem Schwarzbrode wurden in 2 Tagen 26,61 Stickstoff eingeführt, im Harn und Koth fanden sich 33,66 g, so dass noch 7,05 g Stickstoff vom Körper abgegeben wurden; also mehr im Tag wie bei Zufuhr von Weissbrod.

Während bei der Aufnahme von Weissbrod der Koth consistent war (mit 24,6 — 27,6% festen Theilen), eine schwach alkalische oder kaum saure Reaction zeigte und seltener entleert wurde, war der Koth nach Roggenbrod bei in kürzeren Zwischenräumen folgenden Entleerungen dünnflüssiger (mit 12,6 — 16,4% festen Theilen), reichlich mit Gasblasen durchsetzt, nahezu schäumend und von stark saurer Reaction.

Zur Bestimmung des Säuregrades wurden 50 g des frischen Kothes mit Wasser auf ein Volum von 500 ccm Flüssigkeit verdünnt. Zu 250 ccm des Filtrats wurden bis zur Neutralisation 18 ccm einer Baryt-

2) Siehe vorherstehende Seite.

Datum	Speise	Koth	
15. Mai	Milch	12 Mittag	gemischt
16. „	Schwarzbrod	5 Nachm.	Milchkoth und erster Brodkoth (27,1 tr.)
		11 Nachts 5 Morg.	Brodkoth (74,1 tr.)
17. „	„	6 Abends	Brodkoth (42,5 tr.)
		11 Nachts 3 Morg. 5 „	Brodkoth (78,3 tr.)
18. „	Milch	—	0
19. „	gemischt	4 Nachm.	letzter Brodkoth (9,6 tr.) und Milchkoth (16,8 tr.)
20. „	„	10 Vorm.	Milchkoth (23,8 tr.) und gemischter Koth

lösung, von welcher 46,3 ccm im Stande waren 0,3673 g Schwefelsäureanhydrit zu neutralisiren, gebraucht. Es war also in 50 g frischem Koth so viel freie Säure enthalten, dass sie 0,28 g oder 0,56 % Schwefelsäureanhydrit entsprach.

Schon E. Bischoff hat auf die Bedeutung dieser Durchsäuerung des Schwarzbrodkothes als auf eine Ursache der grossen Kothmenge und der häufigen Entleerungen hingewiesen.

Es ist ohne Zweifel für die Grösse der Ausnützung von Einfluss, in welchem Theil des Darms die saure Gährung des Schwarzbrodes sich entwickelt, ob im Magen und den oberen Theilen des Dünndarms oder im Dickdarm, d. h. ob schon die oberen oder erst die unteren Abschnitte des Darmcanals von dem Brodchymus rasch durchwandert werden. In dem letzteren Falle würde der Schaden nicht so gross sein, da im Dickdarm nur mehr eine geringe Veränderung und Resorption der Nahrungsstoffe stattfindet.

Es ist von der grössten nationalökonomischen Bedeutung, dass das Weissbrod besser ausgenützt wird als das kleiehaltige Schwarzbrod; es ist die weitere Aufgabe, den Preis der Brodsorten mit der Verwerthung derselben im Darmcanal zu vergleichen, um ihren Werth genau festzustellen. Es hat gewiss seinen Grund, dass in manchen Ländern wie z. B. in der Schweiz, in England etc. von den Arbeitern kein Schwarzbrod, sondern das halbweisse Weizenbrod gegessen wird, das dem Süddeutschen allerdings weniger mundet als sein schwarzes Roggenbrod oder dem Norddeutschen der Pumpernickel. Die Arbeiter in München geniessen vielfach statt des Roggenbrods sogenannte Laibeln, aus einer dunkleren Sorte Weizenmehl gebacken.

Es ist ferner von Bedeutung, dass das Mehl meist in Form von anderen Gebäcken z. B. in Nudeln, Spätzeln, Knödeln etc. aufgenommen wird.

Versuch XVIII. Mit Maccaroninudeln (a).
(19. — 21. Juni 1878.)
Versuchsperson D.

Die vielfach als Nahrungsmittel, besonders in Italien, gebräuchlichen Maccaroni werden in zwei Formen in den Handel gebracht, als lange Röhren und in Form kleiner Ringe oder Sterne.

Ich habe die letztere Art zu dem Versuche genommen; es ist dabei eine bessere Mischung möglich, so dass die Analysen sich genauer ausführen lassen.

Die Nudeln sind mir durch die Güte des Herrn Carl August Guilleaume, Maccaronifabrikanten in Cöln, zugekommen.

Die Nudeln wurden in Salzwasser gekocht, darnach das Wasser abgegossen und die fertige Speise noch mit Fett und Kochsalz versetzt. Das abgegossene Salzwasser, welches nicht unbedeutende Mengen von Nahrungsstoffen enthält, wurde gesammelt, eingedickt, bei 100° getrocknet, gewogen und untersucht.

1390 (660 + 730) lufttr. Nudeln [1])
= 1215,9 trocken = 24,30 Stickstoff = 1049,9 Kohlehydrate = 9,36 Asche
\+ 80,3 Kochsalz (44,1 + 36,2) + 80,30 Kochsalz
1296,2 trocken 89,66 Asche

im abgegossenen Wasser
= 188,0 trocken [2]) = 2,54 Stickstoff = 125,1 Kohlehydrate = 46,08 Asche

also gegessen
= 1108,2 trocken = 21,76 Stickstoff = 924,8 Kohlehydrate = 43,58 Asche
\+ 144,4 Schmalz (68,1 + 76,3)
1252,6

Die Einnahmen und Ausgaben betragen:

Einnahmen.

	frische Nudeln	Trockensubstanz	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate	Asche
	660	—	—	—	—	—
	730	—	—	—	—	—
Summe	1390	1252,6	21,76	144,4	924,8	43,6
im Tag	695	626,3	10,88	72,2	462,4	21,8

1) 50,00 lufttr. Nudeln = 43,7 trocken = 87,40
16,48 „ „ = 14,38 „ = 87,25 } 87,46 %
17,44 „ „ = 15,30 „ = 87,73

24,3647 trockene Nudeln = 0,1894 Asche = 0,77
17,3785 „ „ = 0,1349 „ = 0,77 } 0,77 %

0,6700 trockene Nudeln = 14,229 mg N = 2,12
0,7580 „ „ = 15,759 „ = 2,08 } 2,00 %
0,5940 „ „ = 10,710 „ = 1,80

2) 0,5658 trockener Rückstand = 8,262 mg N = 1,46
0,4887 „ „ = 6,120 „ = 1,25 } 1,35 %

27,4891 trockener Rückstand = 6,7488 Asche = 24,55
38,4545 „ „ = 9,4141 „ = 24,48 } 24,51 %

Ausgaben.

Koth trocken [1])	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn	Stickstoff aus Harnstoff
—	—	—	—	990	14,59	15,09
—	—	—	—	1580	17,40	—
Summe 54,1	3,72	8,3	10,5	2570	31,99	—
im Tag 27,0	1,86	4,2	5,3	1285	15,99	—

Der procentige Verlust ist:

an Trockensubstanz . . 4,3 %
an Stickstoff 17,1
an Fett 5,7
an Kohlehydraten . . 1,2
an Asche 24,1

Die Maccaroninudeln schliessen sich in Beziehung der Ausnützung am nächsten den Spätzeln an, was auch zu erwarten war, da beide aus Weizenmehl bereitet werden.

---

1) 159,5 frischer Koth = 44,0 trocken = 27,5 %
{ 0,4235 trockener Koth = 28,764 mg N = 6,79 } 6,88 %
{ 0,2847 " " = 19,890 " = 6,98 }
{ 1,1748 trockener Koth = 0,1830 Fett = 15,57 } 15,38 %
{ 1,1566 " " = 0,1757 " = 15,19 }
{ 0,8404 trockener Koth = 0,1636 Asche = 19,46 } 19,44 %
{ 0,8620 " " = 0,1675 " = 19,43 }

Datum	Speise	Koth	
18. Juni	Milch	—	0
19. "	Maccaroni	11 Vorm. 4 Nachm.	gemischt und Milchkoth Milchkoth (33,7tr.) u. erster Maccaronikoth (10,1 tr.)
20. "	"	—	0
21. "	Milch	10 Vorm.	Maccaronikoth
22. "	Blutwürste	10 "	Maccaronikoth (44,0 tr.) und Milchkoth
23. "	gemischt	10 "	Milchkoth (21,1 tr.) und Blutkoth

Der Koth reagirte deutlich sauer; er war breiartig, nicht geformt und nur von wenigen Gasblasen durchsetzt.

In den Einnahmen befinden sich 21,8 Stickstoff, in den Ausgaben im Harn und Koth 35,7 g, so dass der Körper in 2 Tagen, ähnlich wie bei den Spätzeln, noch 13,9 Stickstoff verlor.

Versuch XIX. Mit Maccaroninudeln unter Zusatz von Kleber (b).

(3.—5. Juli 1878.)

Versuchsperson D.

Auch dieses Fabrikat stammt aus der Fabrik des Herrn Carl August Guilleaume in Cöln. Herr Guilleaume suchte den bei der Stärkebereitung anfallenden stickstoffreichen Kleber zu verwerthen, indem er ihn dem zur Bereitung der Maccaroninudeln verwendeten Weizenmehl in gewisser Menge beimischte.

Nach den Angaben von Herrn Guilleaume enthält der italienische Weizen mehr Kleber als der deutsche (nach J. Rossignon hat gewöhnlicher Weizen 13,00% Kleber, sicilianischer 18,50%), weshalb die italienischen Maccaroni den deutschen vorzuziehen sind. Wegen des hohen Klebergehaltes haben die echten Maccaroni eine bräunliche Farbe, sind rauh, durchsichtig und elastisch. Durch den Kleberzusatz zu dem deutschen Weizenmehl können die deutschen Maccaroni den Werth und die Beschaffenheit der italienischen erhalten. Die von Herrn Guilleaume angegebene Zusammensetzung der Klebermaccaroni stimmt mit den Resultaten meiner Analysen fast vollkommen überein; die getrocknete Substanz enthält 3,88% Stickstoff = 25% Eiweiss, die gewöhnlichen deutschen Maccaroni nur 2,00% Stickstoff = 13% Eiweiss.

260 g Maccaroni mit dem sechsfachen Volumen Wasser gekocht, mit einer Sauce aus 25 Speck und 50 Zwiebeln, geben mit 750 Brod eine ausreichende Nahrung für den Soldaten oder für einen Arbeiter.

Die Maccaroninudeln mit Kleber sind etwas dunkler gefärbt, im gekochten Zustande consistenter als die eiweissärmeren und zeigen kaum einen von den letzteren verschiedenen Geschmack.

Die kleberreicheren Nudeln geben weniger Substanz an das Kochwasser ab.

1390 (660 + 730) lufttr. Nudeln [1])
= 1212,8 trocken = 46,93 Stickstoff = 899,7 Kohlehydrate = 10,91 Asche
+ 92,9 Kochsalz (43,4 + 49,5) + 92,9 Kochsalz
1305,7 trocken 103,81 Asche

im abgegossenen Wasser
= 124,5 trocken [2]) = 1,73 Stickstoff = 63,7 Kohlehydrate = 39,68 Asche

also gegessen
= 1181,2 trocken = 45,20 Stickstoff = 836,0 Kohlehydrate = 64,13 Asche
+ 146,9 Schmalz (70,2 + 76,7)
1328,1

Daraus ergiebt sich für die Einnahmen und Ausgaben:

Einnahmen.

	frisch	Trockensubstanz	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate	Asche
	660	—	—	—	—	—
	730	—	—	—	—	—
Summe	1390	1328,1	45,2	146,9	836,0	64,1
im Tag	695	664,0	22,6	73,4	418,0	32,0

Ausgaben.

	Koth frisch	Koth trocken [3])	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn	Stickstoff aus Harnstoff
	—	—	—	—	—	1250	16,44	17,71
	—	—	—	—	—	1600	19,41	20,42
Summe	437,3	76,2	5,07	10,2	14,2	2850	35,85	38,13
im Tag	218,6	38,1	2,53	5,1	7,1	1425	17,92	19,06

1)
18,97 lufttr. Nudeln = 16,56 trocken = 87,29
20,87 „ „ = 18,26 „ = 87,49
20,83 „ „ = 18,12 „ = 86,98
} 87,25 %

0,5350 trockene Nudeln = 20,808 mg N = 3,88
0,7425 „ „ = 28,766 „ = 3,87
} 3,88 %

18,0972 trockene Nudeln = 0,1650 Asche = 0,91
18,3912 „ „ = 0,1665 „ = 0,90
} 0,91 %

2)
0,8645 trockener Rückstand = 12,852 mg N = 1,48
1,0075 „ „ = 13,153 „ = 1,30
} 1,39 %

2,3613 trockener Rückstand = 0,7525 Asche = 31,86
2,5843 „ „ = 0,8240 „ = 31,88
} 31,87 %

Der procentige Verlust durch den Koth beträgt:

an Trockensubstanz . .	5,7 %
an Stickstoff	11,2
an Fett	7,0
an Kohlehydraten . .	2,3
an Asche	22,2

Man ersieht aus dieser Zusammenstellung, dass der den Nudeln zugesetzte Kleber in grosser Menge resorbirt worden ist. Die procentige Ausnützung war bei dem grösseren Klebergehalte sogar günstiger; dagegen sind alle übrigen Bestandtheile etwas weniger gut verwerthet worden.

Die Zugabe von Kleber brachte in dem im Harn und im Koth ausgeschiedenen Stickstoff eine deutliche Steigerung hervor. Es ist besonders wichtig, dass der Stickstoff in der Kost hier hinreicht, den in den Ausscheidungen enthaltenen zu decken; im Harn und Koth finden sich nämlich 40,92 Stickstoff, in den aufgenommenen Nudeln 45,20g, so dass sogar ein Ansatz von Stickstoff oder Eiweiss stattfand, während bei Verabreichung der Nudeln ohne Kleberzusatz der Körper noch wesentlich an Stickstoff oder Eiweiss einbüsste.

Schon aus den Versuchen, bei welchen Gebäcke aus Weizenmehl verzehrt wurden, konnte entnommen werden, dass der Kleber,

---

3) { 0,5625 trockener Koth = 37,332mg N = 6,63 } 6,65 %
{ 0,3985 „ „ = 26,622 „ = 6,68 }
{ 1,0065 trockener Koth = 0,1385 Fett = 13,76 } 13,43 %
{ 1,1098 „ „ = 0,1455 „ = 13,11 }
{ 1,7170 trockener Koth = 0,3203 Asche = 18,65 } 18,68 %
{ 1,3583 „ „ = 0,2542 „ = 18,71 }

Datum	Speise	Koth	
2. Juli	Milch	—	0
3. „	Maccaroni	6 Abends	gemischt und Milchkoth
4. „	„	3 Morg.	Maccaronikoth (23,2 tr.)
5. „	Milch	—	0
6. „	gemischt	3 Nachm.	Maccaronikoth (53,0 tr.) und Milchkoth
7. „	„	—	Milchkoth (22,3 tr.) und gemischter Koth

d. h. jenes Gemenge eiweissartiger Stoffe, welches man aus den meisten Weizenmehlsorten durch Auswaschen mit Wasser gewinnen kann, im menschlichen Darme resorbirt wird. Der procentige Verlust an Stickstoff betrug nämlich dabei 19—26%, während von den eiweissartigen Stoffen des Weizenmehls im Mittel 78% auf den Kleber treffen[1]). Das Gleiche that der Versuch 18 mit den gewöhnlichen Maccaroninudeln dar, noch mehr aber der Versuch 19, bei welchem noch Kleber zum Weizenmehl zugesetzt wurde. Der Kleber macht dabei 90% der Eiweisssubstanzen aus, während der Verlust an Stickstoff nur 11% betrug.

Durch die Zugabe des Klebers zeigte sich weder die Farbe noch die übrigen Eigenschaften des Kothes geändert; er war von brauner Farbe, mit Gasblasen durchsetzt und von saurer Reaction.

Die Maccaroni mit Kleberzusatz sind daher für bestimmte Zwecke sehr werthvoll; man ist im Stande, durch dieselben viel Eiweiss zuzuführen und den Eiweissgehalt des Körpers zu erhalten, was mit den gewöhnlichen Maccaroni nicht möglich war. Da sie für ihren reichen Gehalt an Eiweiss billig sind, so sind sie für Volksküchen, Waisenhäuser, für das Militär, für die Marine etc. anwendbar. Sie sind ausserdem äusserst haltbar und enthalten lufttrocken nur wenig Wasser (13%), viel weniger als das Brod. Die bräunliche Farbe ist durch den Kleber bedingt und nicht ein Zeichen eines geringwerthigen Fabrikates.

Versuch XX. Mit Wirsing.

(28. Februar bis 2. März 1878.)

Versuchsperson F.

Nachdem die hauptsächlichsten animalischen Nahrungsmittel und von den vegetabilischen: Mais, Reis, Kartoffeln und verschiedene Gebäcke aus Mehl auf ihre Ausnützung im Darme geprüft waren, blieb es noch übrig, einige Gemüse zu untersuchen. Es wurden als grünes krautartiges Gemüse Wirsing und dann als wasserreiches Wurzelgemüse gelbe Rüben gewählt.

---

1) Ritthausen, die Eiweisskörper der Getreidearten, Hülsenfrüchte und Oelsamen S. 17.

Die beiden Versuche wurden von Herrn Dr. Breuer im physiologischen Laboratorium ausgeführt und mir gütigst zur Veröffentlichung überlassen.

Die Zubereitung des Wirsings geschah in der Weise, dass zu dem frischen Gemüse etwas Schmalz und Kochsalz gegeben wurde, wornach die Masse etwa eine halbe Stunde lang in einem zugedeckten Tiegel gekocht wurde.

Man erhält so ein treffliches Gericht, das anfangs sehr wohl schmeckt. Dem fortgesetzten und ausschliesslichen Genusse grösserer Mengen desselben stehen aber Schwierigkeiten entgegen, die sich nur bei einer Vorliebe für Vegetabilien durch grosse Ausdauer überwinden lassen.

Die Abgrenzung des Gemüsekothes geschah mit Milch und Topfen. Ein Versuchstag währte von 1 Uhr Mittag bis 1 Uhr Mittag des folgenden Tages.

Es wurden dabei aufgenommen und abgegeben:

Einnahmen.

	Wirsing frisch	Wirsing trocken[1])	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate	Asche[2])	Schmalz	Kochsalz	alle Einnahmen			
									trocken	Stickstoff	Fett	Asche
	3824	—	—	—	—	—	76,5	21,7	—	—	—	—
	3834	—	—	—	—	—	60,0	21,7	—	—	—	—
	3834	—	—	—	—	—	60,0	21,7	—	—	—	—
Summe	11492	1218,1	39,5	67,0	742,2	154,7	196,5	65,1	1479,7	39,5	263,5	219,8
im Tag	3831	406,0	13,2	22,3	247,4	51,6	65,5	21,7	493,2	13,2	87,8	73,3

Ausgaben.

	Koth trocken[3])	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn
	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	—	—
Summe	220,2	7,3	24,6	42,5	7025	52,9
im Tag	73,4	2,4	8,2	14,2	2342	17,6

1) 172,8 Wirsing = 18,2 trocken = 10,60 %

0,8624 trockener Wirsing = 27,97 mg N = 3,24
0,8594 " " = 27,97 " = 3,25 } 3,24 %

2) In 100 trockenem Wirsing wurden 5,50 % Fett und 12,70 % Asche angenommen.

Darnach betrug der procentige Verlust im Koth:

an Trockensubstanz . .	14,9 %
an Stickstoff	18,5
an Fett	6,1
an Kohlehydraten . .	15,4
an Asche	19,3

Die Kothentleerungen waren äusserst voluminös. Die Farbe des Kothes war grünbraun; der Koth ohne merkliche Gasblasen.

Die Ausnützung des grünen Gemüses ist demnach keine günstige; es wird viel Koth dabei entleert und ein beträchtlicher Theil der aufgenommenen Trockensubstanz und der einzelnen Stoffe derselben unverwerthet wieder entfernt.

In dem Gemüse wurden 39,5g Stickstoff eingeführt und dagegen im Harn 52,9g, im Koth 7,3g = 60,2g entleert, so dass vom Körper im Tag noch 6,9g Stickstoff zur Abgabe gelangten.

Versuch XXI. Mit gelben Rüben.

(Vom 14.—16. März 1878.)

Versuchsperson F.

Die Zubereitung der gelben Rüben geschah in gleicher Weise wie die des Wirsings.

---

3) { 0,8690 trockener Koth = 26,24mg N = 3,02 } 3,39 %
{ 0,8880 „ „ = 33,42 „ = 3,76 }
383,1 frischer Koth = 16,1 trocken = 4,4 %
{ 1,908 trockener Koth = 0,215 Fett = 11,2 } 11,1 %
{ 1,908 „ „ = 0,208 „ = 10,9 }
1,072 trockener Koth = 0,208 Asche = 19,3 %

Datum	Speise	Koth	
28. Febr.	Milch und Topfen	—	0
28. „	Wirsing	5 Morg.	erster Wirsingkoth
1. März	„	3 Nachm.	Wirsingkoth
		6 Morg.	„
		9 Morg.	„
2. „	„	5 Nachm.	„
		9 Morg.	„
3. „	0	3 Nachm.	„
4. „	Milch u. Topfen	8 Vorm.	letzter Wirsingkoth

Der Versuch konnte aber nur 2 Tage lang fortgesetzt werden, da die Versuchsperson unüberwindlichen Ekel gegen die Speise bekam.

Der Versuchstag begann Morgens 8 Uhr.

Die Verhältnisse der Einnahmen und Ausgaben stellten sich wie folgt:

Einnahmen.

	Rüben frisch [1])	Rüben trocken	Stickstoff	Asche [2])	Fett	Kohlehydrate	Schmalz	Kochsalz	alle Einnahmen trocken	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate	Asche
	3000	—	—	—	—	—	49,5	20,7	—	—	—	—	—
	2133	—	—	—	—	—	34,3	15,6	—	—	—	—	—
Summe	5133	703,3	12,94	46,2	10,8	562,9	83,8	36,3	823,3	12,94	94,6	562,9	82,5
im Tag	2566	351,6	6,47	23,1	5,4	281,9	41,9	18,1	411,6	6,47	47,3	281,9	41,2

Ausgaben.

	Koth frisch	Koth trocken [3])	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn
	—	—	—	—	—	1360	14,24
	—	—	—	—	—	1450	10,77
Summe	2185,3	170,3	5,05	6,1	27,9	2810	25,01
im Tag	1092,6	85,1	2,52	3,1	14,0	1405	12,50

1) 181,6 frische Rüben = 24,8 trocken = 13,7 %

{ 0,895 trockene Rüben = 15,95 mg N = 1,78 ; 0,869 „ „ = 16,50 „ = 1,90 } 1,84 %

2) In 100 trockenen gelben Rüben wurden 1,53 % Fett und 6,57 % Asche angenommen.

3) 2185,3 frischer Koth = 170,3 trocken = 7,8 %

{ 0,811 trockener Koth = 24,75 mg N = 3,05 ; 0,861 „ „ = 25,02 „ = 2,97 } 3,01 %

{ 2,006 trockener Koth = 0,080 Fett = 3,98 ; 2,008 „ „ = 0,066 „ = 3,29 } 3,63 %

2,023 trockener Koth = 0,333 Asche = 16,4 %

Datum	Speise	Koth	
12. März	Milch und Topfen	—	0
13. „	„	—	0
14. „	Rüben	5 Nachm.	Rübenkoth
		9 Abends	„
		7 Morg.	„
15. „	„	2 Nachm	„
		6 Abends	„
		11 „	„

Aus dieser Tabelle berechnet sich ein Verlust im Koth:

an Trockensubstanz . .	20,7 %
an Stickstoff	39,0
an Fett	6,4
an Kohlehydraten . .	18,2
an Asche	33,8

Sehr bezeichnend für das Verhalten der gelben Rüben im Darme ist es, dass schon 5—6 Stunden nach der Einnahme der ersten Mahlzeit Koth, von den gelben Rüben herrührend, entleert wurde.

Der Verlust an Kohlehydraten (18,2 %) ist der bedeutendste, der sich bei den bisherigen Ausnützungsversuchen ergeben hat, wogegen das Fett trotz der auffallend massigen Kothbildung und der schlechten Ausnützung der übrigen Nahrungsstoffe gut verwerthet wurde. Stickstoff und Trockensubstanz werden in sehr erheblicher Menge wieder durch den Koth entleert.

In den verzehrten Rüben waren 12,94 Stickstoff enthalten, im Harn fanden sich 25,01g, im Koth 5,05g, in beiden Excrementen also 30,06 Stickstoff, so dass der Körper trotz der reichlichen Aufnahme von Rüben doch beträchtliche Mengen von Eiweiss verlor.

Versuch XXII.

Ueber die Grösse der Fettresorption (a) mit 100 Speck täglich.

(8.—10. Juni 1877.)

Versuchsperson D.

Ueber die Menge des von dem menschlichen Darm resorbirbaren Fettes besitzen wir nur sehr spärliche Kenntnisse.

So sehr es nun wünschenswerth gewesen wäre, Versuche unter ausschliesslicher Darreichung von Fett auszuführen, so war es doch nicht möglich, eine Person zu finden, welche Fett allein aufgenommen hätte.

Ich habe mich daher dazu bequemen müssen, das Fett anderen Nahrungsmitteln zuzusetzen. Bei allen Versuchen der Art schlug ich das folgende Verfahren ein. Vorausgehend wurde zur Kothabgrenzung in früher Morgenstunde Milch gegeben, dann 18—22

Stunden darnach am ersten Versuchstage zuerst gebratenes Fleisch mit Fett, in einer zweiten oder dritten Mahlzeit 450g Brod ohne Rinde mit Fett; darauf am zweiten Versuchstage so früh als möglich wieder 450g Brod mit Fett, zu Mittag Fleisch mit Fett, wornach eine Pause bis zum Mittag oder Morgen des nächsten Tages folgte, wo zur abermaligen Kothabgrenzung wieder Milch getrunken wurde; erst den Tag darauf gegen 10 Uhr Vormittags kehrte die Versuchsperson zu der gewöhnlichen gemischten Kost zurück.

Der Versuchstag begann Morgens 7 Uhr.

In dem Versuche 22 wurden im Tag 100g Speck ohne jede Schwierigkeit verzehrt.

Der darnach entleerte Koth war von Gasblasen durchsetzt, sauer reagirend.

Ich erhielt das folgende Resultat:

Einnahmen.

Fleisch frisch[1])	Fleisch trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Brod frisch[2])	Brod trocken	Stickstoff	Asche	Speck	Kochsalz	alle Einnahmen				
											trocken	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate	Asche
615	—	—	—	—	450	—	—	—	95,6	5,5	—	—	—	—	—
614	—	—	—	—	450	—	—	—	95,6	6,0	—	—	—	—	—
1229	271,9	36,7	3,8	16,0	900	606,7	10,6	19,5	191,2	11,5	1090	47,3	198,0	519,2	47,0
614	135,9	18,3	1,9	8,0	450	303,3	5,3	9,8	95,6	5,7	545	23,6	99,0	259,6	23,5

1) 3,6135 frisches Fleisch = 0,8145 trocken = 22,54
4,0615 „ „ = 0,9575 „ = 23,57
3,2929 „ „ = 0,6863 „ = 20,84
3,9445 „ „ = 0,8505 „ = 21,56 } 22,13 %

0,7837 trockenes Fleisch = 0,0115 Fett = 1,46
1,4670 „ „ = 0,0205 „ = 1,30 } 1,38 %

In 100 Speck = 95,6 % Fett nach Hofmann.

2) 71,5 frisches Brod = 48,2 trocken = 67,41 %

0,6110 trockenes Brod = 10,533mg N = 1,72
0,6558 „ „ = 11,618 „ = 1,77 } 1,74 %

3,0649 trockenes Brod = 0,0978 Asche = 3,19
3,1604 „ „ = 0,1028 „ = 3,25 } 3,22 %

Ausgaben.

Koth frisch	Koth trocken[1])	Stick-stoff	Fett	Asche	Harn-menge	Stickstoff im Harn	Stickstoff aus Harnstoff
—	—	—	—	—	1290	24,3	26,8
—	—	—	—	—	1030	22,7	23,3
598,3	93,1	5,73	34,5	13,4	2320	47,0	50,1
299,1	46,5	2,86	17,2	6,7	1160	23,5	25,0

Von den in der Kost enthaltenen 198,0 g Fett waren demnach 163,5 in die Säfte übergegangen. Der Verlust bei der Ausnützung der einzelnen Bestandtheile der Kost stellte sich wie folgt:

an Trockensubstanz . . 8,5 %
an Stickstoff 12,1
an Fett 17,4
an Kohlehydraten . . 1,6
an Asche 28,5

An Stickstoff wurden in der Speise 45,44 g aufgenommen; die Ausscheidung im Harn und Koth betrug 52,72 g, so dass noch 7,28 g Stickstoff vom Körper zu Verlust gingen.

1) 0,1566 trockener Koth = 9,6038 mg N = 6,13 }
0,2050 „ „ = 12,702 „ = 6,19 } 6,16 %
0,9500 trockener Koth = 0,3455 Fett = 38,17 }
1,5821 „ „ = 0,6055 „ = 38,20 } 38,18 %
1,5041 trockener Koth = 0,2152 Asche = 14,30 }
1,4230 „ „ = 0,2053 „ = 14,42 } 14,36 %

Datum	Speise	Koth	
7. Juni	Milch u. Käse	—	0
8. „	Kost mit Fett	12 Mittag	gemischt u. Milchkoth (22,8 tr.)
9. „	„ „ „	7 Morg.	Milchkoth (44,0 tr.)
		11 Vorm.	Milchkoth u. erster Fettkoth (39,6 tr.)
10. „	Milch u. Käse	7 Morg.	Fettkoth (38,0 tr.)
11. „	gemischt	12 Mittag	letzter Fettkoth (15,5 tr.)
12. „	„	—	0
		—	Milchkoth (27,4 tr.) und gemischter Koth

Versuch XXIII.

Ueber die Grösse der Fettresorption (b) mit 200 Speck täglich.

(22. — 24. Juni 1877.)

Versuchsperson D.

Dieser Versuch wurde an der nämlichen Person angestellt wie der vorhergehende. Die im Tag gereichte Menge Speck betrug 200g, welche leicht verzehrt und ertragen wurde.

Das Resultat war folgendes:

Einnahmen.

Fleisch frisch [1])	Fleisch trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Brod frisch [2])	Brod trocken	Stickstoff	Asche	Speck	Kochsalz	alle Einnahmen trocken	alle Einnahmen Stickstoff	alle Einnahmen Fett	alle Einnahmen Kohlehydrate	alle Einnahmen Asche
600	—	—	—	—	450	—	—	—	191,2	7,0	—	—	—	—	—
600	—	—	—	—	450	—	—	—	191,2	4,8	—	—	—	—	—
1200	277,6	37,48	7,0	15,6	900	532,1	9,58	17,6	382,4	11,8	1221,5	47,06	389,4	452,8	45,0
600	138,8	18,74	3,5	7,8	450	266,0	4,79	8,8	191,2	5,9	610,7	23,53	194,7	226,4	22,5

Ausgaben.

Koth frisch [3])	Koth trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn
—	—	—	—	—	1000	20,94
—	—	—	—	—	1150	15,75
750,1	112,1	6,61	30,34	11,3	2150	36,69
375,0	56,0	3,30	15,17	5,7	1075	18,34

1) 3,2865 frisches Fleisch = 0,7638 trocken = 23,24
3,8975 „ „ = 0,8759 „ = 22,47
2,8890 „ „ = 0,6717 „ = 23,25
1,9290 „ „ = 0,4522 „ = 23,59
} 23,13 %

1,5080 frisches Fleisch = 0,0245 Fett = 1,62
1,0285 „ „ = 0,0350 „ = 3,40
} 2,51 %

2) 26,0 frisches Brod = 14,5 trocken = 55,76
12,0 „ „ = 7,5 „ = 62,50
} 59,13 %

0,7090 trockenes Brod = 12,587mg N = 1,77
0,6020 „ „ = 11,052 „ = 1,83
} 1,80 %

3,0985 trockenes Brod = 0,1020 Asche = 3,29
2,9496 „ „ = 0,0983 „ = 3,33
} 3,31 %

3) 0,2202 trockener Koth = 12,894mg N = 5,85
0,2218 „ „ = 13,201 „ = 5,95
} 5,90 %

Der procentige Verlust betrug:

an Trockensubstanz . .	9,2 %
an Stickstoff	14,0
an Fett	7,8
an Kohlehydraten . . .	6,2
an Asche	25,1

In der Kost sind 47,06 Stickstoff enthalten, im Harn und Koth 43,30g, so dass 3,70g in 2 Tagen zum Ansatz gelangten.

Versuch XXIV.

Ueber die Grösse der Fettresorption (c) mit 240 Butter täglich.

(19.—21. Juli 1877.)

Versuchsperson D.

Um zu entscheiden, ob in der Resorption verschiedener Fettarten ein Unterschied besteht, wurde in diesem Versuche statt des Speckes eine nahezu gleich grosse Menge von Butter verabreicht. Dabei ergab sich:

Einnahmen.

Fleisch frisch [1]	Fleisch trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Brod frisch [2]	Brod trocken	Stickstoff	Asche	Butter frisch [3]	Butter trocken	Kochsalz	alle Einnahmen trocken	Stick-stoff	Fett	Kohle-hydrate	Asche
600	—	—	—	—	450	—	—	—	220	—	4	—	—	—	—	—
600	—	—	—	—	450	—	—	—	260	—	16	—	—	—	—	—
1200	277,0	37,39	8,2	15,6	900	513.8	8,58	15,5	480	419,9	20	1231	45,97	428,1	443,1	51,0
600	138,5	18,69	4,1	7,8	450	256,9	4,29	7,7	240	209,9	10	615	22,98	214,0	221,5	25,5

$$\left\{\begin{array}{l} 1{,}1310 \text{ trockener Koth} = 0{,}3065 \text{ Fett} = 27{,}01 \\ 1{,}2565 \quad „ \quad „ = 0{,}3410 \quad „ = 27{,}13 \end{array}\right\} 27{,}07\,\%$$

$$\left\{\begin{array}{l} 1{,}4852 \text{ trockener Koth} = 0{,}1468 \text{ Asche} = 9{,}88 \\ 1{,}7230 \quad „ \quad „ = 0{,}1783 \quad „ = 10{,}34 \end{array}\right\} 10{,}11\,\%$$

Datum	Speise	Koth	
21. Juni	Milch	—	0
22. „	Kost mit Fett	8 Morg.	gemischt
23. „	„ „ „	8 „	Milchkoth (12,3 tr.) und erster Fettkoth (32,0 tr.)
		4 „	Fettkoth (50,6 tr.)
24. „	Milch	4 Nachm.	Fettkoth
25. „	gemischt	—	0
26. „	„	—	Fettkoth (29,5 tr.), Milchkoth (15,5 tr.), gem. Koth

Ausgaben.

Koth frisch[4])	Koth trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Harn-menge	Stickstoff im Harn	Stickstoff aus Harnstoff
—	—	—	—	—	940	17,2	19,5
—	—	—	—	—	1070	15,3	19,3
322,0	82,7	5,20	11,6	10,2	2010	32,5	38,8
161,0	41,3	2,60	5,8	5,1	1005	16,2	19,4

1)	2,7660 frisches Fleisch	= 0,6447 trocken	= 23,30	23,08 %
	3,3390 „ „	= 0,7758 „	= 23,23	
	4,6780 „ „	= 1,0830 „	= 23,17	
	3,7845 „ „	= 0,8572 „	= 22,65	
	1,8415 trockenes Fleisch	= 0,0595 Fett	= 3,23	2,95 %
	1,3040 „ „	= 0,0350 „	= 2,68	
2)	16,0 frisches Brod	= 9,5 trocken	= 59,37	57,09 %
	13,5 „ „	= 7,4 „	= 54,81	
	0,5285 trockenes Brod	= 8,903 mg N	= 1,68	1,67 %
	0,4970 „ „	= 8,289 „	= 1,66	
	1,5392 trockenes Brod	= 0,0470 Asche	= 3,05	3,01 %
	1,1585 „ „	= 0,0345 „	= 2,98	
3)	3,8025 frische Butter	= 3,3435 trocken	= 87,92	87,48 %
	4,6277 „ „	= 4,0327 „	= 87,14	
	4,7910 „ „	= 4,1860 „	= 87,37	
	4,1860 trockene Butter	= 0,0060 Asche	= 0,14 %	
4)	0,2580 trockener Koth	= 16,638 mg N	= 6,44	6,29 %
	0,2148 „ „	= 13,201 „	= 6,14	
	1,6480 trockener Koth	= 0,2327 Fett	= 14,12	14,07 %
	2,0115 „ „	= 0,2823 „	= 14,03	
	0,7757 trockener Koth	= 0,0970 Asche	= 12,50	12,32 %
	1,2680 „ „	= 0,1540 „	= 12,14	

Datum	Speise	Koth	
18. Juli	Milch	—	0
19. „	Kost mit Fett	5 Nachm.	gemischt und Milchkoth
20. „	„ „ „	12 Mittag	Milchkoth und erster Fettkoth (15,0 tr.)
21. „	Milch	—	0
22. „	gemischt	9 Vorm.	Fettkoth
23. „	„	7 Morg.	letzter Fettkoth (37,7 tr.) und gemischt

Der Verlust durch den Koth beträgt demnach:

an Trockensubstanz . .	6,7 %
an Stickstoff	11,3
an Fett	2,7
an Kohlehydraten . .	6,2
an Asche	20,0

Die Stickstoffbilanz zeigt wie im vorigen Versuche einen Ansatz von Stickstoff: in den Speisen befanden sich nämlich 46,0g Stickstoff, in dem Harn und Koth 37,1g; es wurden daher 8,27g Stickstoff in 2 Tagen am Körper in 53g Eiweiss angesetzt.

Versuch XXV.

Ueber die Grösse der Fettresorption (d).

(24.—26. Juli 1877.)

Versuchsperson D.

Die gleiche Person, die zu den drei vorhergehenden Versuchen gedient hatte, erhielt nun die grösstmögliche Menge von Fett, welche sie aufzunehmen im Stande war. Auch hier konnte nicht ausschliesslich Speck oder ausschliesslich Butter gegeben werden, da das Versuchsindividuum grosse Quantitäten davon nicht zu verzehren vermochte. Es musste das Fett in Speck und Butter zugeführt werden.

Einnahmen.

Fleisch frisch [1]	Fleisch trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Brod frisch [2]	Brod trocken	Stickstoff	Asche	Speck	Butter frisch [3]	Butter trocken	Kochsalz	alle Einnahmen				
													trocken	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate	Asche
600	—	—	—	—	450	—	—	—	52,6	232	—	15,2	—	—	—	—	—
600	—	—	—	—	450	—	—	—	239,0	245	—	7,2	—	—	—	—	—
1200	293,0	39.55	7,5	15,6	900	532,1	7,20	17,0	291,6	467	409,3	22,4	1562	46,75	701,0	468,7	54,9
600	146,5	19,77	3,7	7,8	450	266,0	3,60	8,5	145,8	233	204,6	11,2	781	23,37	350,5	234,3	27.4

1)
3,0320 frisches Fleisch = 0,7100 trocken = 23,41
2,6705 „ „ = 0,6245 „ = 23,38
2,8840 „ „ = 0,6810 „ = 23,61
3,1885 „ „ = 0,7430 „ = 23,30
} 23,42 %

1,2110 trockenes Fleisch = 0,0310 Fett = 2,55 %

2)
12,6 frisches Brod = 7,4 trocken = 58,73
12,6 „ „ = 7,5 „ = 59,52
} 59,12 %

0,4220 trockenes Brod = 5,526 mg N = 1,31
0,4445 „ „ = 6,347 „ = 1,42
} 1,36 %

3)
2,0620 frische Butter = 1,7525 trocken = 84,99
4,8155 „ „ = 4,1805 „ = 86,81
} 85,90 %

Ausgaben.

Koth frisch [1]	Koth trocken	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn	Stickstoff aus Harnstoff
—	—	—	—	—	860	15,4	19,3
—	—	—	—	—	840	15,6	17,4
599,6	164,0	4,28	89,2	15,2	1700	31,0	36,7
299,8	82,0	2,14	44,6	7,6	850	15,5	18,3

Der Koth bei den vier Fettreihen bot im frischen Zustande wenig Charakteristisches; es war eine breiartige, übelriechende, von Gasblasen durchsetzte, sauer reagirende Masse von der Farbe der Chocolade. Bei einigem Stehen des Kothes des letzten Versuches an einem kühlen Orte trat eine leichte Graufärbung ein, zum Zeichen dass er eine nicht unbedeutende Menge von Fett enthielt. Doch erst beim Trocknen trat der grosse Fettgehalt dieses Kothes deutlichst hervor, wo das Fett durch die Wärme schmolz und den Koth als flüssige Schicht bedeckte.

Da in diesem Zustande einzelne Proben des Kothes auf ihren Fettgehalt nicht analysirt werden konnten, so wurde die ganze

1) Aus dem ganzen Kothe wurden 46,27 Fett mit Aether extrahirt. Der trockene Rückstand gab:

0,1367 trocken	= 5,020 mg N	= 3,67	3,64 %
0,1383 „	= 5,020 „	= 3,62	
0,8107 trocken	= 0,2955 Fett	= 36,44	36,47 %
0,5000 „	= 0,1825 „	= 36,50	
1,1111 trocken	= 0,1380 Asche	= 12,41	12,90 %
0,9400 „	= 0,1260 „	= 13,40	

Datum	Speise	Koth	
23. Juli	Milch	—	0
24. „	Kost mit Fett	5 Nachm.	gemischt u. Milchkoth
25. „	„ „ „	3 „	erster Fettkoth (53,0 tr.)
		1 Nachts	Fettkoth (77,0 tr.)
26. „	Milch	—	0
27. „	gemischt	10 Vorm.	letzter Fettkoth (34,0 tr.) Milchkoth
28. „	„	8 Morg.	Milchkoth u. gemischt

Menge desselben in einem grossen Kolben einige Male mit Aether extrahirt, dann der theilweise entfettete Koth gepulvert, gemischt und kleine Proben zu den weiteren Bestimmungen verwendet.

Ich erhielt folgenden procentigen Verlust durch den Koth:

an Trockensubstanz . .	10,5 %
an Stickstoff	9,2
an Fett	12,7
an Kohlehydraten . .	6,8
an Asche	27,7

Bei dem Vergleich des Stickstoffgehaltes der Einnahmen und Ausgaben ergiebt sich, dass in den Speisen 46,8 Stickstoff sich befanden, in dem Harn und Koth 35,3 g, so dass 11,5 g in 2 Tagen zur Ablagerung im Körper gelangten.

Zur besseren Uebersicht der Resultate stelle ich die Zahlen der vorstehenden vier Versuche (a b c d) bei Fettaufnahme in folgender Tabelle zusammen:

Nr. des Versuches	Koth frisch im Tag	Koth trocken im Tag	Koth fettfrei im Tag	procentiger Verlust im Koth an					
				Trocken-substanz	Stick-stoff	Fett	Kohle-hydraten	Asche	an Asche nach Abzug des ClNa in der Kost
a	545,0	46,5	29,3	8,5	12,1	17,4	1,6	28,5	39,3
b	610,7	56,0	40,8	9,2	14,0	7,8	6,2	25,1	35,0
c	615,3	41,3	35,5	6,7	11,3	2,7	6,2	20,3	33,8
d	785,9	82,0	32,4	10,5	9,2	12,7	6,8	27,7	46,6

Daraus lassen sich zunächst in Beziehung der Resorption des Fettes im menschlichen Darmcanale folgende Schlussfolgerungen ziehen.

Bei Verabreichung von 100 Speck (in a) war mit der Resorption von 82 Fett nicht die Grenze der Aufnahmsfähigkeit des Darms für Fett erreicht, denn bei Vermehrung der täglichen Zufuhr auf 200 Speck (in b) erschienen nicht etwa 118 g Fett im Koth wieder, sondern nur 30 g, also nahezu die gleiche Menge wie im Versuche a.

Erst bei dem Ansteigen auf 351 g Fett im Tag (in d) kamen bedeutendere Mengen Fettes im Koth zum Vorschein und war der Punkt der günstigsten Aufnahme überschritten. Es gelangten dabei 306 g Fett im Tag zur Resorption. Es ist wohl möglich, dass bei

einer weiteren Steigerung in der Fettzufuhr noch mehr Fett in die Säfte aufgenommen worden wäre.

Der Vergleich der Versuche b und c scheint den Schluss zuzulassen, dass es für die Ausnützung durchaus nicht gleichgültig ist, in welcher Form das Fett gereicht wird; denn bei gleich grosser Zufuhr von Fett erscheinen bei Butter 2,7%, bei Speck 7,8% im Kothe wieder.

Man kann beobachten, dass nach Genuss von Speck beim Menschen im Kothe fast unveränderte Speckstückchen zum Vorschein kommen, so dass man zu der Annahme gedrängt wird, das Eingeschlossensein des Fettes in den Fettzellen im Speck bedinge die geringere Verwerthung gegenüber der Butter.

Bei den vier Fettversuchen finden sich auch bemerkenswerthe Schwankungen in der procentigen Ausnützung der Trockensubstanz. Die ungleiche Ausnützung des Fettes kann nicht allein die Ursache dieser Erscheinung sein. Denn wenn dies der Fall wäre, müsste nach Abzug des Fettes im Kothe, wegen der Zufuhr der gleichen Mengen von Fleisch und Brod, die nämliche Menge von Koth resultiren. Man erhält aber dabei sehr differirende Werthe, so dass das Fett auch auf die Ausnützung der übrigen Nahrungsstoffe von Einfluss ist. Die geringsten Schwankungen finden sich in der Resorption des Stickstoffes; mit der grösseren Zufuhr von Fett, ja selbst wenn beträchtliche Mengen von Fett im Kothe sich finden, wird die procentige und absolute Resorption von Eiweiss nicht vermindert, vielmehr eher eine günstigere.

Die Differenzen in der Ausnützung der Asche können nicht sofort richtig beurtheilt werden. Da nämlich nur ganz geringe Mengen von Chlorverbindungen in den Koth übergehen, dieselben also rasch und beinahe vollständig resorbirt werden, so muss man das Kochsalz der Zufuhr von der Gesammtasche abziehen, um über die Ausnützung der übrigen Aschebestandtheile einigen Aufschluss zu erhalten.

Berechnet man nun nach Abzug des Kochsalzes der Einnahmen den Ascheverlust, so erhält man durch das Fett nur im Versuch d eine bedeutende Herabsetzung in der Verwerthung der Aschebestandtheile.

Eigenthümlich stellte sich das Verhalten der Kohlehydrate. Im Versuch a (bei 100 Speck) war der Verlust derselben durch den Koth noch unbedeutend; sobald jedoch die Fettaufnahme zunahm, stieg der Verlust vom Versuch b an auf das vierfache, um durch alle Versuche mit grösseren Fettgaben (b c d) gleich hoch zu bleiben. Es scheint daher bei Gegenwart und Resorption grösserer Fettmengen die Aufnahme der Kohlehydrate im Darm gestört zu werden.

Bei den obigen vier Fettreihen wurde neben dem Fett Fleisch mit Brod gegeben. Da die Ausnützung des Fleisches für sich und des Brodes für sich bekannt ist, so kann man vielleicht entnehmen, ob die Zugabe von Fleisch zum Brod eine Aenderung in der Verwerthung des letzteren im Darmcanale bedingt.

Berechnet man den Verlust an Trockensubstanz, welchen 450^{g} Brod[1]) im Darm erleiden, so ergeben sich 26,8^{g} trockener Koth mit 1,41 Stickstoff; nimmt man ferner den trockenen Koth, den 600^{g} Fleisch liefern, zu 6,3^{g} mit 0,42^{g} Stickstoff an, so würden bei Brod und Fleisch 33,1^{g} trockener Koth mit 1,83^{g} Stickstoff entleert werden; diese Zahl der Trockensubstanz stimmt in der That mit dem wirklich entleerten Koth, nach Abzug des Fettes desselben, nahezu überein. Dagegen findet sich ein nicht unbeträchtlicher Ueberschuss an Stickstoff im Fleisch- und Brodkoth, der wohl vom Fleische herrührt, welches letztere daher bei Zugabe von Brod etwas schlechter verwerthet wird, als wenn es ausschliesslich verzehrt worden ist.

Nach Aufführung der einzelnen Versuchsreihen will ich, um einen Ueberblick über dieselben zu gewinnen, die erhaltenen Hauptzahlen, auf 1 Tag berechnet, in einigen Tabellen zusammenstellen.

Zunächst soll eine Tabelle über die Ausnützung der in den Speisen eingeführten Trockensubstanz folgen, geordnet nach dem durch den Koth stattfindenden procentigen Verlust.

---

1) Für das Roggenbrod wurden die Zahlen G. Meyer's zu Grunde gelegt, der die nämliche Brodsorte verwendet hatte.

Speise	Trocken-substanz in der Speise	Koth frisch	Koth trocken	% Verlust an Trocken-substanz durch den Koth	Haupt-nahrungs-mittel frisch	als Nahrung nöthig für 18,3 Stickstoff (118 Eiweiss)	für 328 Kohlen-stoff
Weissbrod (b) .	779	109	28,9	3,7	1237	1738	1171
Reis	660	195	27,2	4,1	638	1374	843
Maccaroni (a) .	626	98	27,0	4,3	695	1168	940
Fleisch (a) .	367	64	17,2	4,7	1435	538	2620
Spätzel . . .	743	—	36,3	4,9	880	1282	1070
Eier	247	64	13,0	5,2	948	905	2231
Weissbrod (a) .	454	95	23,5	5,2	689	1634	1117
Gemischt (nach Pettenkofer u. Voit) . . .	615	131	34,0	5,5	—	—	—
Fleisch (b) . .	307	53	17,2	5,6	1172	538	2620
Maccaroni (b) .	664	219	38,1	5,7	695	563	865
Milch mit Käse (e)	420	98	25,3	6,0	2291 Milch, 200 Käse	—	—
Mais	738	198	49,3	6,7	750	1238	845
Fettversuch (c) .	615	161	41,3	6,7	—	—	—
Milch mit Käse (f)	400	88	27,4	6,8	2050 Milch, 218 Käse	—	—
Milch (a) . .	315	96	24,8	7,8	2438	2905	4652
Milch (b) . .	265	—	22,3	8,4	2050	2905	4652
Fettversuch (a)	545	299	46,5	8,5	—	—	—
Fettversuch (b)	611	375	56,0	9,2	—	—	—
Kartoffel . .	819	635	93,8	9,4	3078	4918	2803
Milch (d) . .	530	241	50,0	9,4	4100	2905	4652
Fettversuch (d)	786	300	82,0	9,4	—	—	—
Milch (c) . .	397	174	40,6	10,2	3075	2905	4652
Milch mit Käse (g)	605	274	66,8	11,3	2209 Milch, 517 Käse	—	—
Wirsing . . .	494	1670	73,8	14,9	3831	5326	7288
Schwarzbrod .	773	815	115,8	15,0	1360	1872	1317
Gelbe Rüben .	412	1092	85,0	20,7	5133	7288	5559

Die Unterschiede in der Quantität des trockenen Kothes sind höchst bedeutend, von 13 bis 116 g. Die Quantität der in den verschiedenen Nahrungsmitteln verzehrten Trockensubstanz hat wohl einigen Einfluss auf die Menge des trockenen Kothes, aber es erscheint durchaus nicht bei reichlicherer Aufnahme von trockener Speise auch mehr trockener Koth; der procentige Verlust schwankt

zwischen 3,7 und 20,7 hin und her. Noch auffallender sind die Schwankungen in der Masse des frischen Kothes; es finden sich kleine Mengen mit geringem Wassergehalt bei Aufnahme von Fleisch oder Eier, dagegen ganz kolossale mit einem ausserordentlich hohen Wassergehalt bei Aufnahme von Schwarzbrod, Kartoffeln, Wirsing und gelben Rüben. Es ist einleuchtend, dass durch die letzteren Nahrungsmittel der Darm sehr überbürdet wird.

Bei einer aus animalischen und vegetabilischen Substanzen gemischten Nahrung[1]), wie wir sie für gewöhnlich geniessen, werden täglich 34 g trockener und 131 g feuchter Koth entleert und damit 5,5% der in der Nahrung aufgenommenen Trockensubstanz wieder abgeschieden.

Die rein animalische Kost macht, wenn sie ertragen wird, im Allgemeinen wenig Koth und es findet die Entleerung in grösseren Zwischenräumen statt. Bei Aufnahme von 1172 und 1435 g frischem Fleisch, eine für den Eiweissbedarf längst ausreichende Portion, erschienen nur 17 g trockener Koth; die Ausnützung des Fleisches im menschlichen Darm ist fast eben so günstig wie in dem des fleischfressenden Hundes. Die hartgesottenen Eier gaben nur 13 g trockenen Koth; da aber dabei nur 247 g Trockensubstanz verzehrt wurden, so ist die procentige Verwerthung der Eier nicht günstiger wie die des Fleisches. Die schlechteste Ausnützung der Trockensubstanz unter den animalischen Nahrungsmitteln, schlechter als manche vegetabilische, zeigt die Kuhmilch, von welcher 7,8—10,2% im Koth wieder abgehen, 22—50 g trockenen Koth im Tag erzeugend.

Die Vegetabilien liefern im Allgemeinen viel Koth, welcher meist reichlich Wasser enthält und öfters entleert wird. Es ist dies jedoch durchaus nicht bei allen Vegetabilien der Fall, da gerade einige Nahrungsmittel aus dem Pflanzenreiche, welche von ganzen Völkerschaften beinahe ausschliesslich gegessen werden wie z. B. der Reis, das Mehl der Getreidearten in gewisser Zubereitung,

---

1) Diese Zeitschrift 1866 Bd. 2 S. 488 etc. Reihen mit mittlerer Kost. Nach Wehsarg werden im Tag 131 frischer und 33 trockener Koth, nach Liebig 172 frischer und 30 trockener Koth entleert.

im Darmcanale vorzüglich gut, so gut wie die animalischen Nahrungsmittel, verwerthet werden.

Der Reis, in einer Quantität aufgenommen, welche bis auf 62% den Bedarf an stickstofffreien Stoffen deckt, jedoch nur auf 30% den an Eiweiss, macht nur 27g Koth und wird bis auf 4% der Trockensubstanz im Darm resorbirt.

Nicht ganz so gut steht es mit dem Mais, da er bei einer die stickstofffreien Stoffe nahezu ausreichend zuführenden Menge 49g trockenen Koth liefert; die procentige Ausnützung ist jedoch besser als die von Schwarzbrod oder Kartoffeln.

Mit Hartenstein'schem Linsenmehl (einem Gemische von Linsen- und Roggenmehl), das aber zur Herstellung eines Kuchens mit etwas Ei, Butter und Milch gemischt worden, hat Strümpell einen Versuch angestellt. Es fanden sich dabei nur 11,9g trockener Koth im Tag mit 0,76 Stickstoff, 6% der Trockensubstanz und 82% des Stickstoffs des Mehls enthaltend; jedoch ist dabei wohl zu beachten, dass nur eine geringe, ungenügende Quantität des Mehls verzehrt werden konnte, nämlich nur 219g mit 197g festen Theilen und 7,2g Stickstoff. Woroschiloff's Versuche waren mit einem Gemisch von Erbsen, Brod und Zucker gemacht worden, und lassen daher die Ausnützung der Erbsen nicht rein erkennen.

Eigenthümlich ist es mit den aus Mehl hergestellten Gebäcken. Das mit Sauerteig gegohrene gewöhnliche Roggenbrod liefert nach den früheren Untersuchungen von G. Meyer sehr viel Koth und zwar im trockenen Zustande 51g bei einer Zufuhr, welche nur etwas über halb so viel Trockensubstanz enthält, als zur Herstellung einer Nahrung nöthig ist. Das Gleiche ergab sich bei meiner Untersuchung mit ganz schwarzem Roggenbrod, wo sogar 116g trockener Koth entleert wurden, allerdings bei Aufnahme von 1360g Brod im Tag, welche aber immer noch nicht hinreichten, die Abgabe von Eiweiss vom Körper zu verhindern. — Ganz anders verhält sich das aus Weizenmehl hergestellte Weissbrod, sowie andere aus diesem Mehl bereitete Gebäcke. Das Weizenmehl, in Maccaroni aufgenommen, unterscheidet sich in Beziehung der Verwerthung kaum von dem in Spätzeln oder in Weissbrod verzehrten. Der von Herrn Guilleaume zu den Maccaroni zugesetzte Kleber wird

fast ganz resorbirt, wodurch der bei den gewöhnlichen Maccaroni noch bestehende Eiweissverlust aufgehoben, ja sogar ein Ansatz von Eiweiss bewirkt wurde.

Besonders schlecht wird die Trockensubstanz der Kartoffeln ausgenützt; eine Menge, welche genügend war die Fettabgabe vom Körper zu verhüten, jedoch nicht die von Eiweiss, lieferte 94 trockenen Koth im Tag. Am ungünstigsten verhalten sich, ausser dem Schwarzbrod, Wirsing und gelbe Rüben; die Zufuhr deckte nicht entfernt den Bedarf, und doch betrug die Menge des trockenen Koths 74—85g im Tag.

Bei grösseren Quantitäten eines und desselben Nahrungsmittels ist die absolute Kothmenge eine grössere, die auf eine bestimmte Menge Trockensubstanz treffende dagegen eine geringere; so ist es z. B. bei den beiden Fleischreihen und den beiden Reihen mit Weissbrod; dies findet selbstverständlich nur bis zu einer gewissen Grenze statt, von der ab die procentige Ausnützung wieder schlechter werden muss.

Aus diesem Grunde würde wahrscheinlich das Fleisch und das Ei noch eine bessere Ausnützung zeigen, wenn man sie in derselben Menge hätte geben können, wie das Weissbrod oder den Reis. Viel wird es zwar nicht ausmachen; denn bei einer Zugabe von 325g trockenem Weissbrod nahm der Verlust durch den Koth nur um 1,5% ab, und bei einer Zugabe von 60g trockenem Fleisch wurden nur um 0,9% weniger Koth ausgeschieden.

Die Milch zeigt sonderbarerweise bei grösseren Gaben keine beachtenswerthe Verbesserung der Ausnützung der Trockensubstanz, auch nicht wenn die Asche des Kothes abgezogen wird.

Zur richtigen Beurtheilung der Ausnützung der einzelnen Nahrungsmittel muss man auch berücksichtigen, wie viel davon zur Herstellung einer Nahrung nöthig ist, d. h. wie viel man von denselben geben muss, um den nöthigen Stickstoff oder Kohlenstoff zuzuführen. Ich habe deshalb in obiger Tabelle die betreffenden Zahlen beigefügt.

Daraus vermag man nun zu berechnen, wie viel aschehaltiger und aschefreier Koth abgesondert wird, wenn ein Nahrungsmittel in einer Quantität gereicht wird, dass es den zu einer Nahrung

nöthigen Stickstoff und Kohlenstoff liefert. Ich berechne den aschefreien Koth, da die Aschebestandtheile der Speisen und des Kothes leicht eine falsche Beurtheilung herbeiführen können, wie es z. B. bei der Milch durch die kalkreiche Asche des Kothes der Fall ist.

Eine solche Berechnung ergiebt:

Kost	Koth berechnet	Koth aschefrei berechnet	Kost	Koth berechnet	Koth aschefrei berechnet
Fleisch	31	26	Reis	58	50
Eier	30	26	Mais	61	51
Maccaroni (b) .	33	27	Gelbe Rüben .	121	101
Brod (weiss) . .	41	36	Wirsing . . .	140	113
Maccaroni (a) .	45	37	Kartoffel . . .	150	133
Milch	57	42	Schwarzbrod .	160	146

Die Differenzen in der Kothmenge sind darnach sehr bedeutend, wenn obige Nahrungsmittel eine Nahrung darstellen sollen. Fleisch, Eier und Weissbrod verhalten sich dabei am günstigsten. Mit dem Mais schliesst die Gruppe der besseren Verwerthung ab, um alsbald mit den gelben Rüben eine gewaltige Verschlechterung derselben zu zeigen, woran sich der Wirsing, die Kartoffeln und das Schwarzbrod anreihen. Man ersieht auch daraus wieder, wie wichtig eine gehörige Mischung der verschiedenen Nahrungsmittel ist. —

Die Ausnützung der Trockensubstanz eines Nahrungsmittels liefert uns nur ein annäherndes Bild von dem Werthe desselben. Zur richtigen Würdigung gehört die Kenntniss der Verwerthung der einzelnen in einem Nahrungsmittel enthaltenen Nahrungsstoffe, welche durchaus nicht gleich, sondern vielmehr eine sehr ungleiche ist.

Der Koth hat in keinem Falle die nämliche Zusammensetzung wie das verzehrte Nahrungsmittel gezeigt, häufig war er ganz anders zusammengesetzt. Es ist nicht nothwendig, dass bei Zufuhr eiweissreicher Substanzen der Stickstoffgehalt des Kothes ein entsprechend hoher ist; so z. B. enthält der Fleischkoth 6,5% Stickstoff, der Milchkoth nur 4,1%, der Koth bei dem stickstoffarmen Weissbrod giebt dagegen 8%. Der procentige Gehalt des Kothes an Asche ist durchschnittlich höher als der der zugeführten Kost; der Fettgehalt

ist sehr ungleich. Aus diesen Gründen lässt sich die Ausnützung der einzelnen Nahrungsstoffe nicht aus der Menge des trockenen Kothes erschliessen; dieselbe muss daher für sich untersucht und betrachtet werden.

Ich will zunächst die Ausnützungsverhältnisse der Asche besprechen. Die Versuchsresultate sind in nachstehender Tabelle enthalten.

Kost	Asche im Koth	Asche in der Kost	Asche in der Kost ohne Kochsalz	% Verlust an Asche im Koth	% Verlust nach Abzug des Kochsalzes in der Kost
Brod (a)	2,5	9,9	1,4	25,4	186,2
Fleisch (a)	2,8	18,6	—	15,0	—
Brod (b)	2,97	17,2	3,9	17,3	77,5
Eier	1,93	17,8	10,4	10,9	18,4
Fleisch (b)	3,2	15,2	—	21,2	—
Reis	3,6	23,8	8,5	15,0	42,0
Fettversuch (c)	5,1	25,1	15,1	20,3	33,8
Spätzel	5,3	25,5	2,6	20,9	220,0
Maccaroni	5,3	21,8	—	20,9	—
Fettversuch (b)	5,7	22,1	16,2	25,7	35,0
Fettversuch (a)	6,7	22,7	16,0	29,4	39,3
Milch	7,0	15,0	—	46,8	—
Maccaroni mit Kleber	7,1	32,0	—	22,2	—
Milch und Käse	7,2	27,3	—	26,1	—
Fettversuch (d)	7,6	32,4	21,2	27,7	46,6
Mais	8,0	26,8	11,4	30,0	70,7
Milch und Käse	8,2	26,7	—	30,7	—
Milch	8,7	17,8	—	48,8	—
Kartoffel	10,1	64,0	28,2	15,8	35,8
Schwarzbrod	10,2	28,3	11,5	36,0	88,4
Milch	10,8	22,4	—	48,2	—
Milch	13,3	29,9	—	44,5	—
Milch und Käse	20,0	44,1	—	55,7	—

Der Vergleich der Gesammtasche der Speise und des Kothes giebt keine richtige Vorstellung von der Ausnützung der einzelnen Aschebestandtheile der ersteren, so wenig wie der Vergleich der Trockensubstanz von der der einzelnen Nahrungsstoffe; denn die Zusammen-

setzung der Asche des Kothes ist nicht gleich der der Asche der Speise. Ein Nahrungsmittel, welches viele in Wasser lösliche Aschebestandtheile enthält, wird eine bessere Ascheverwerthung zeigen als ein Nahrungsmittel, dessen Asche viele alkalische Erden einschliesst. Es müsste also die Zusammensetzung der Asche der Einnahmen und Ausgaben im Koth genau bekannt sein. Ferner ist die Gegenwart eines Aschebestandtheils im Koth noch kein Beweis dafür, dass derselbe aus der Speise nicht resorbirt worden ist; denn der Darm ist auch ein Ausscheidungsorgan für gewisse Aschebestandtheile, z. B. für einen grossen Theil des Kalks und des Eisens. Auch bei Hunger wird noch Koth ausgeschieden mit einem ziemlich hohen Aschegehalt. Es ist daher aus vorstehender Tabelle kein sicherer Schluss auf die Ascheausnützung zu ziehen. Da das zur Bereitung der Speisen zugesetzte Kochsalz zum grössten Theile resorbirt und im Harn wieder entfernt wird, so kann man zur besseren Beurtheilung des Verhaltens der Asche das Kochsalz von der Asche der Einnahmen abziehen und annehmen, dass im Kothe kein Kochsalz enthalten ist, was allerdings nicht ganz richtig ist; ich habe in der vorausgehenden Tabelle die Columnen 4 und 6 in diesem Sinne berechnet.

Im Allgemeinen findet sich bei grösserer Zufuhr von Asche auch eine grössere Ausscheidung derselben im Koth; es ist aber aus den angegebenen Gründen durchaus keine Proportionalität vorhanden. Ist in der Zufuhr zu wenig Asche enthalten, so macht die als Ausscheidungsproduct des Darms zugemischte Asche verhältnissmässig viel aus und man erhält scheinbar eine schlechtere Ausnützung der Asche als bei grösserer Aschemenge in den Speisen. Deckt die Asche der Einnahmen den Verlust derselben durch die Ausgaben, dann ist die Ausnützung der Asche nur beeinflusst durch die Qualität der Aschebestandtheile.

Bei den Versuchen mit Weissbrod ergab sich bei reichlicherer Brod- und Aschezufuhr (im Versuch b) ein geringerer procentiger Ascheverlust im Koth. Aehnlich ist das Verhältniss bei den beiden Fleischversuchen (a und b); in dem Versuch a ist die Fleischration eine grössere und die procentige Ascheverwerthung eine bessere.

Mit den Kartoffeln wird die grösste Menge von Asche aufgenommen; im Koth geht jedoch verhältnissmässig wenig Asche verloren, so dass die procentige Ausnützung eine sehr günstige ist.

Die Asche der Milch wird dagegen sehr schlecht im Darm verwerthet, wodurch die verhältnissmässig grosse Menge Trockensubstanz im Koth bedingt wird; es gehen 47—49% der Asche der Milch durch den Koth zu Verlust.

Die bei der verschiedenen Kost mit dem Kothe entleerten absoluten Aschemengen schwanken um das achtfache, nämlich von 2,5 bis 20,0g im Tag. Der procentige Aschegehalt des trockenen Kothes differirt von 6,6 bis über 30%.

Mit Ausnahme der des Fleischkothes war die Asche des Kothes weiss; sie reagirte stets alkalisch. —

Es ist auffallend, dass man über die Grösse der Fettresorption im Darmcanale des Menschen, so viel ich weiss, noch gar keine Angaben besitzt; man weiss daher auch noch nicht, welche Fettmengen mit Aussicht auf eine günstige Verwerthung dem Menschen gegeben werden dürfen.

Ich kenne nur eine Mittheilung von Berthé[1]) hierüber, die aber so ausserordentlich dürftig ist, dass eine nähere Einsicht in die Resultate unmöglich ist. Er bestimmte bei einem Manne bei der gleichen Diät, der er täglich 30—60g verschiedener Fette zusetzte, die Zeit, welche dazu gehört, um eine völlige Sättigung mit dem Fett zu erreichen, d. h. die Zeit, in der das verzehrte Fett nahezu vollständig im Koth wieder abgeht. Ich verstehe die Versuche von Berthé nicht, denn beim Hunde kann wenigstens das gleiche Fett, wenn nicht ein Ansatz von Fett erfolgt, viele Monate lang ohne Aenderung der Resorption gegeben werden.

Die Ausnützung des Fettes der Speisen zeigt bei meinen Versuchen grosse Verschiedenheiten, so dass es anfangs schwer ist, die Ursachen dafür aufzufinden. Im Allgemeinen wird das Fett bis auf geringe Rückstände im Darm resorbirt, selbst wenn es in grossen Quantitäten gegeben worden ist, wie die folgende Tabelle zeigt.

1) Berthé, Compt. rend. 1856 T. 42 p. 901.

Kost	Fett in der Kost	Fett im Koth	% Verlust
Fettversuch (a) Speck . .	96,0	17,2	17,4
Fettversuch (b) Speck . .	191,2'	15,2	7,8
Fettversuch (d) Speck und Butter	350,5	44,6	12,7
Reis mit Knochenmark .	74,1	5,3	7,1
Eier	118,5	5,2	4,4
Fettversuch (c) Butter . .	214,3	5,8	2,7
Kartoffel und Butter . .	143,8	5,3	3,7
N-freie Kost und Butter .	157,8	2,5	1,8
Wirsing und Butter . . .	88,0	8,2	6,1
Maccaroni mit Kleber . .	73,4	5,1	6,96
Maccaroni mit Butter . .	72,2	4,2	5,7
Gelbe Rüben mit Butter .	47,0	2,5	6,4
Mais mit Butter	43,6	8,0	17,5
Milch	160,0	7,4	4,6
Milch	119,9	6,7	5,6
Milch	95,1	3,0	3,3
Milch	79,9	5,7	7,1
Milch und Käse	213,5	24,6	11,5
Milch und Käse	138,6	3,8	2,7
Milch und Käse	133,6	10,4	7,7
Fleisch (a) Butter . . .	23,4	4,0	17,0
Fleisch (b) Butter . . .	20,7	4,4	21,1

Zu einer Anzahl von Nahrungsmitteln wurde zur Herstellung der Speise Butter zugesetzt: nämlich zu den Kartoffeln, den Maccaroni, dem Wirsing, dem Mais und den gelben Rüben. Sieht man vom Mais und Wirsing ab, deren Fett oder Aetherextract schwerer resorbirbar zu sein scheint, so beträgt der Fettabgang im Koth im Mittel nur 5%.

Unter den Nahrungsmitteln, denen Butterfett beigegeben wurde, werden einige wie z. B. die gelben Rüben oder die Kartoffeln im Uebrigen schlecht ausgenützt; die Entleerung des Kothes ist bei beiden eine rasche, bei den gelben Rüben erschien er bereits 4 Stunden nach der ersten Aufnahme der Speise und im Kartoffelkoth liess sich Stärke reichlich nachweisen. Aber trotzdem war dies von keinem Einfluss auf die Fettresorption. Noch bei Zufuhr

von 214,3 Butterfett (Fettversuch c) fand eine fast vollständige Aufnahme desselben im Darm statt.

Aus der Milch wird das Fett nahezu in dem gleichen Maasse resorbirt wie das den Speisen zugesetzte Butterfett. Im Maximum wurden in der Milch 160g Fett zugeführt und dies bis auf 4,6% in die Säfte aufgenommen.

Aus einer Mischung von Milch und Käse kommt das Fett ebenso zur Verwerthung wie aus der Milch; nur bei Verabreichung grosser Fettmengen darin (von 213,5g) wird die Ausnützung eine schlechtere.

Als bei den Fettversuchen von 190 auf 350g Fett gestiegen wurde, ging im letzteren Fall procentig mehr Fett im Kothe verloren, nämlich 12,7%, so dass damit die Grenze der vortheilhaften Verwerthung des Fettes gekommen zu sein scheint.

Bis zu dieser Grenze nimmt aber die Ausnützung bei Steigerung in der Fettmenge in den meisten Fällen zu. Dies zeigte sich auch nach den Versuchen von Prof. Voit beim Hunde. Von 209g im Mittel in den Speisen zugeführtem Fett wurden 194g resorbirt, von 361g noch 316g, so dass also bedeutende Mengen von Fett dem Menschen in der Nahrung in verschiedenen Speisen zugemuthet werden können.

Nach den Fettversuchen b und c scheint das Butterfett vollständiger resorbirt zu werden als das Fett des Speckes. Das Mark aus Knochen, in welchen das Fett ebenfalls in Zellen sich befindet, unterscheidet sich in der Resorbirbarkeit kaum von der Butter, wie die Vergleichung der Versuche mit Reis und Maccaroni ergiebt; das Fett des Markes hat einen niedrigeren Schmelzpunkt als das des Schweinespecks und ist vielleicht in zartere Hüllen eingeschlossen.

Bei dem Kartoffelversuche wurden zum Anmachen von Salat auch 24g Olivenöl genommen, welche etwa den fünften Theil der Gesammtmenge des gereichten Fettes ausmachen, ohne dass sich irgend eine Aenderung in der Ausnützung des Fettes zeigte, gegenüber den Nahrungsmitteln, zu deren Zubereitung ausschliesslich Butterfett verwendet worden war.

In dem Dotterfett der Eier findet sich eine wesentlich andere Zusammensetzung, denn es enthält neben den Neutralfetten Lecithin.

Nichtsdestoweniger ist die Ausnützung des Aetherextractes der Eier im Darmcanale gleich der des gewöhnlichen Fettes.

Das mit dem gebratenen Fleische verzehrte Fett scheint sich wesentlich anders zu verhalten, da die Ausnützung desselben eine ungünstige ist. Man muss aber, wie schon früher hervorgehoben, bedenken, dass dabei die geringsten Mengen von Fett gereicht worden sind und dass hier das beim Hunger im Darm ausgeschiedene Fett (oder Aetherextract) von Einfluss wird, wodurch dann die Ausnützung als eine schlechtere erscheint, ganz ähnlich wie es sich schon bei geringer Menge der Asche für letztere gezeigt hat. Der vom Hunde beim Hunger gelieferte Koth giebt nämlich nach den Untersuchungen von Prof. Voit an Aether allerlei fettartige Substanzen ab, welche als Residuen der Verdauungssäfte zu betrachten sind; bei Aufnahme von Nahrung wird dieser Antheil des Aetherextractes wohl noch beträchtlicher sein wie beim Hunger. Ist nun wenig Fett in der Kost enthalten, so ist dieser Antheil nicht mehr verschwindend klein und gewinnt relativ ein Uebergewicht, so dass dabei stets die Ausnützung schlechter auszufallen scheint, als sie es in der That ist.

Ich habe mehrmals Gelegenheit gehabt, eine nahezu fettfreie Kost (bei den drei Brodversuchen und dem Versuch mit Spätzeln) zu geben, und dabei für den Tag 3,1—4,7—6,1—6,5 g Aetherextract aus dem Kothe erhalten. Diese Menge würde demnach annähernd dem im Darm ausgeschiedenen und nicht in den Speisen enthaltenen Fette (Aetherextract) entsprechen. Dieselbe wäre, um eine richtigere Vorstellung über die Ausnützung des Fettes der Kost zu erhalten, von dem im Koth gefundenen Aetherextract in Abzug zu bringen. Ich unterlasse dies aber, da ich für die Constanz obiger Werthe nicht bürgen kann und da in dem Brode und dem für die Spätzeln verwendeten Mehle doch etwas Fett sich findet. Ich erhielt bei Aufnahme von gelben Rüben und von stickstofffreier Kost, welcher Fett zugesetzt war, nur 2,5 g Aetherextract aus dem Kothe, ein Werth, der, wenn wir ihn ausschliesslich von den Verdauungssäften stammend betrachten wollen, doch geringer ist als der bei nahezu fettfreier Kost erhaltene.

Das nicht aus den Speisen, sondern von den Verdauungssäften herrührende Aetherextract des Kothes ist bei grösseren Fettmengen in der Kost nicht von Belang; bei kleineren dagegen wirkt es, wie gesagt, mit und macht die Ausnützung des verzehrten Fettes scheinbar schlechter.

Aus meinen Versuchen geht auch Einiges hervor über den Einfluss des Fettes auf die Ausnützung von Eiweiss und Kohlehydraten. Aus den vier Versuchen (a b c d) mit steigenden Mengen von Fett ergiebt sich mit Sicherheit, dass letzteres die Resorption des Stickstoffs oder des Eiweisses aus dem Darme nicht verändert. Dagegen scheinen grössere Quantitäten von Fett die Verwerthung der Kohlehydrate etwas zu beeinträchtigen. —

Die Untersuchung der Ausnützung der Kohlehydrate der Nahrungsmittel ist von grosser Bedeutung, da dieselben in der Nahrung der Mehrzahl der Menschen den grössten Theil der Trockensubstanz darstellen und in ihnen die Hauptmenge des Kohlenstoffs zugeführt wird.

Die nachstehende Tabelle enthält die betreffenden Resultate meiner Versuche in übersichtlicher Zusammenstellung.

Kost	Kohlehydrate in der Kost	Kohlehydrate im Koth	% Verlust
Weissbrod (b)	670	5	0,8
Reis	493	4	0,9
Maccaroni	462	6	1,2
Weissbrod (a)	391	6	1,4
Spätzel	558	9	1,6
Fettversuch (a)	259	4	1,6
N-freie Kost	674	11	1,7
Maccaroni mit Kleber . .	418	10	2,3
Mais	563	18	3,2
Fettversuch (b)	226	14	6,2
Fettversuch (c)	221	14	6,2
Fettversuch (d)	234	16	6,8
Kartoffel	718	55	7,6
Schwarzbrod	659	72	10,9
Wirsing	247	38	15,4
Gelbe Rüben	282	50	18,2

Es ist in der That wunderbar, welche bedeutende Mengen von Kohlehydraten (grösstentheils in der Form von Stärkemehl) der menschliche Darm zu verwerthen und zu resorbiren im Stande ist. Dabei ist in den meisten Fällen der procentige Verlust durch den Koth ein auffallend geringer. Nehmen wir an, dass 175g Kohlehydrat 100g Fett in Beziehung der Aufhebung der Fettabgabe vom Körper äquivalent sind, so entsprechen 360g Fett, von denen 12% im Koth wieder erschienen, 630g Kohlehydraten, welche nicht einmal 1% in den Koth liefern.

Es ist aber keineswegs gleichgültig, in welchen Nahrungsmitteln und Speisen die Kohlehydrate zugeführt werden. Am ungünstigsten verhalten sich die Kartoffeln, das Schwarzbrod, die gelben Rüben und der Wirsing; am günstigsten: Reis, Weissbrod, Spätzel und Maccaroni.

Die mit Kleber versetzten Maccaroni verlieren etwas mehr Kohlehydrate als die gewöhnlichen Nudeln der Art, jedoch ist der Unterschied so gering, dass er kaum in Betracht gezogen werden kann.

Auch bei den Kohlehydraten zeigt sich bei zunehmender Menge wohl eine absolut grössere Quantität von Kohlehydrat im Koth, der procentige Verlust wird aber geringer und somit die procentige Ausnützung besser.

Eine schlechte Ausnützung der Kohlehydrate kann durch mehrere Ursachen bedingt sein[1]). Einmal dadurch, dass ein grösserer Theil der Kohlehydrate aus Cellulose besteht oder in derbere Cellulosehüllen eingeschlossen ist; aber auch durch den Eintritt einer sauren Gährung wie z. B. beim Roggenbrod und auch den Kartoffeln.

Mit der ungünstigen Verwerthung der Kohlehydrate in diesen Fällen geht dann eine solche des Eiweisses Hand in Hand, während die des Fettes nicht beeinträchtigt wird.

Trotz der guten Ausnützung der Kohlehydrate in den meisten Fällen ist es doch nicht gerathen, sie in zu grosser Menge aufzunehmen, da durch sie das Volumen der Kost ein sehr bedeutendes wird, wenn sie die Abgabe von Fett vom Körper verhüten sollen;

1) Voit, Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. 1869 II. 4. S. 1. — E. Bischoff, diese Zeitschrift 1863 Bd. 5 S. 454.

das Volumen von 175g Stärkemehl ist schon an sich wesentlich grösser als das von 100g Fett, wozu noch kommt, dass wir die Speisen mit dem ersteren meist in sehr wasserreichem Zustande geniessen.

Um eine Vorstellung davon zu geben, setze ich aus meinen Versuchen das Gewicht der im Tage verzehrten gekochten Speisen ohne Getränke hierher.

Fleisch	738—884
Eier	948
Milch	1025—4100
Weissbrod	1237
Schwarzbrod	1360
Spätzel	2051
Maccaroni	2319
Mais	2352
Maccaroni mit Kleber . .	2505
Gelbe Rüben	2785
Kartoffel	3077
Wirsing	4248

Es ist daraus ersichtlich, dass bei den an Kohlehydrat reichen Nahrungsmitteln das Volumen ein beträchtliches ist, wodurch die Zeit einer Mahlzeit bedenklich verlängert und der Darmcanal überfüllt wird. Der Koth ist dabei meist reich an Wasser und deshalb voluminös und breiig, so dass bei länger dauerndem Genuss dieser Speisen leicht Diarrhöen auftreten. —

Endlich ist noch die Ausnützung des Stickstoffs oder des Eiweisses der Nahrungsmittel zu überblicken. Die betreffenden Resultate meiner Versuche sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Kost	N in der Kost	N im Koth	% Verlust im Koth
Fleisch (b)	48,8	1,2	2,5
Fleisch (a)	40,0	1,1	2,7
Eier	22,8	0,6	2,6
Milch und Käse	23,4	0,7	2,9
Milch und Käse	24,1	0,9	3,7
Milch und Käse	38,9	1,9	4,9

Kost	N in der Kost	N im Koth	% Verlust im Koth
Milch	12,9	0,9	7,0
Milch	15,4	1,0	6,5
Milch	19,4	1,5	7,7
Milch	25,8	3,1	12,0
Leguminose [1])	—	—	10,5
Maccaroni mit Kleber . .	22,7	2,5	11,2
Maccaroni	11,2	1,9	17,1
Wirsing	13,2	2,4	18,5
Weissbrod (b)	13,0	2,4	18,7
Mais	14,7	2,3	19,2
Spätzel	12,0	2,3	20,5
Reis	8,4	2,1	25,1
Weissbrod (a)	7,7	1,9	25,7
Schwarzbrod	13,3	4,3	32,0
Kartoffel	11,4	3,7	32,2
Gelbe Rüben	6,5	2,5	39,0

Betrachtet man die im Kothe enthaltenen absoluten Stickstoffmengen, so findet sich, dass bei der vegetabilischen Kost, welche doch im Allgemeinen arm an Stickstoff ist, doch mehr Stickstoff mit dem Kothe abgeht als bei der animalischen Kost. Deshalb findet sich bei der ersteren verhältnissmässig mehr Stickstoff im Koth und weniger im Harn wie bei der letzteren.

Nur bei den grössten Gaben von Milch und Käse und von Milch allein, wo die Grenze einer günstigen Ausnützung im Darmcanal schon überschritten ist, erscheinen bei animalischer Kost grössere Stickstoffmengen im Kothe.

Die Quantität von Stickstoff im Kothe nach Aufnahme von Vegetabilien kann bis über 4g für den Tag betragen.

Die in den Vegetabilien auch bei grossem Volumen derselben täglich verzehrten Stickstoffmengen sind gewöhnlich gering, da in ihnen procentig wenig Stickstoff enthalten ist.

1) Nach Strümpell, deutsches Archiv für klin. Med. Bd. 17 S. 108. — Woroschiloff (Berl. klin. Wochenschrift 1873 Nr. 8) fand 10,17 % der verzehrten Erbsen im Kothe wieder.

Aus diesen Gründen ergiebt sich bei den Vegetabilien ein bedeutender procentiger Verlust des eingeführten Stickstoffs durch den Koth.

G. Meyer[1]) erhielt bei seinen Versuchen mit Brod am Menschen als Minimum des Abgangs an Stickstoff durch den Koth bei Zufuhr von Semmel 20%, als Maximum bei Zufuhr von Pumpernickel 42%, Werthe, welche mit meinen Resultaten bei Brodkost wohl übereinstimmen.

Bei Untersuchung der Ausnützung einer fast ausschliesslich aus Vegetabilien bestehenden Gefängnisskost fand Dr. Schuster[2]) einen Abgang von 36,5% Stickstoff im Kothe. Zu ähnlichen Zahlen kam Fr. Hofmann[3]) bei Prüfung der Kost des sächsischen Zellengefängnisses zu Waldheim.

Den grössten Verlust fand Fr. Hofmann nach Aufnahme einer rein vegetabilischen Kost, aus Linsen, Kartoffeln und Brod bestehend, wobei 47% des in den Magen aufgenommenen Stickstoffs mit dem Kothe wieder abgingen.

Aber es ist nicht bei allen Vegetabilien die Ausnützung des Stickstoffs gleich schlecht; es liesse sich aus ihnen wohl eine Kost zusammensetzen, die sich in dieser Hinsicht nicht so sehr schlecht verhält. Mais, Maccaroni, Spätzel, Weissbrod, die Leguminosen verhalten sich günstiger als Reis, Schwarzbrod, Wirsing, gelbe Rüben oder Kartoffeln.

Wenn ein Irländer nach Payen[5]) täglich 6348g Kartoffeln mit 500g Milch geniesst, so erhält er nach Abzug der Schalen 5926g Kartoffeln mit 1576g Trockensubstanz und 22,1g Stickstoff. Da nun von letzterem 32% mit dem Kothe wieder abgehen, so kommen dem Körper nur 15g zu gute.

Nach der Angabe desselben Autors verzehrt ein Arbeiter in der Lombardei im Tag 1300g trockenen Mais mit 22,5 Stickstoff, von dem aber 18,2g in die Säfte übergehen. Der Lombarde ist

1) Diese Zeitschrift 1871 Bd. 7 S. 26.

2) Unters. der Kost in einigen öffentlichen Anstalten von Prof. Voit S. 168.

3) Ebendaselbst S. 170.

4) Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. 1869. II. 4. S. 8.

5) Muspratt's techn. Chemie IV. S. 1598.

daher besser daran als der Irländer, obwohl beide in den Vegetabilien ihrer Nahrung fast die gleiche Menge von Stickstoff zuführen.

Ein chinesischer Arbeiter erhält nach den Erhebungen von Scherzer[1]) täglich 1272g trockenen Reis mit 19,6 Stickstoff; von diesen werden nur 14,7g resorbirt.

Man ersieht daraus zur Genüge, dass mit Vegetabilien allein, wenn wir von den Leguminosen absehen, wohl kaum ein kräftiger Körper gebildet und erhalten werden kann. Die geringe Leistungsfähigkeit der Irländer ist bekannt; die in den oberitalienischen Reisfeldern arbeitenden Taglöhner, welche ausschliesslich von Reis leben, erliegen vor der Zeit Erschöpfungskrankheiten. Dr. Wernichs berichtet in seinen geographisch-medicinischen Studien über die vorzüglich von Reis sich nährenden Japanesen Folgendes: „Die Japanesen haben nicht die robuste Körperconstitution der Chinesen; eher zeigen sie eine physische Schwäche, die sich schon in ihrem dürftigen Wuchse, dem geringen Brustumfang und der spärlichen Entwicklung der Musculatur zeigt. Als Kost nehmen sie Reis auf, in Wasser gequollen, nur von Zeit zu Zeit mit einem Bissen Fleisch und in Salz präservirtem Gemüse. Die Menge des Reises beträgt für je eine der drei Mahlzeiten 470g (lufttrocken oder gekocht?). Sie leiden daher an habitueller Magenerweiterung und häufig an Verdauungsstörungen."

Die stickstoffreichen Leguminosen und die mit Kleber versetzten Maccaroni bilden in Beziehung der Stickstoffausnützung den Uebergang zu der animalischen Kost.

Bei der letzteren müssen Fleisch, Eier, Milch mit Käse von der Milch, für sich allein gegeben, wohl unterschieden werden, da der Stickstoff der Milch viel weniger gut zur Verwerthung gelangt als der der erstgenannten Nahrungsmittel.

Ich habe bis jetzt nur vom Stickstoffabgange im Kothe im Vergleich zum Stickstoffgehalte der Zufuhr gesprochen und noch nichts darüber gesagt, ob dieser Stickstoffverlust einem Verluste an Eiweiss gleichzusetzen ist.

---

1) Unters. der Kost von Prof. Voit S. 16.

Dies ist nun selbstverständlich nicht thunlich, schon deshalb nicht, weil ein Theil des Stickstoffs der Nahrungsmittel nicht in Eiweiss, sondern in anderen Stoffen, zum Theil in Zersetzungsproducten oder Extractivstoffen enthalten ist. Aber noch aus einem anderen Grunde. Der Stickstoff des Kothes rührt nämlich nicht allein von den Speisen her, sondern auch, ebenso wie ein Theil des Fettes und der Asche des Kothes, von den in den Darm ergossenen Verdauungssäften. Nach den Erfahrungen von Prof. Voit wird auch von hungernden Hunden etwas Koth mit einem reichlichen Stickstoffgehalte entleert.

Um diesen Antheil an Stickstoff zu ermitteln, wäre es nicht richtig, den im Hungerkothe abgehenden Stickstoff zu bestimmen und von dem Stickstoff des Kothes nach Nahrungsaufnahme in Abzug zu bringen; denn wir wissen nicht, ob bei Zufuhr von Speisen die Verdauungssäfte nicht in grösserer Menge abgesondert werden und ein viel reichlicheres Residuum hinterlassen.

Ich habe, um hierüber einen annähernden Aufschluss zu erhalten, einem Manne während zwei Tagen eine stickstofffreie oder eine sehr stickstoffarme Kost, aus Stärkemehl, Zucker, Schmalz und wenig Kochsalz zu Kuchen gebacken, gereicht; als Getränk wurde leichter Rheinwein gegeben. Dem Versuche ging vorher und folgte in derselben Weise wie früher ein Tag mit Milchkost.

Das Resultat war folgendes:

Einnahmen.

	Kuchen[1])	Kuchen trocken	Stickstoff	Fett	Kohlehydrate	Asche
	839	—	—	—	—	—
	802	—	—	—	—	—
Summe	1641	1518,0	2,73	315,7	1171,0	4,9
im Tag	821	759,0	1,36	157,8	585,0	2,4

1)
14,4395 Kuchen	= 13,1210 trocken	= 90,86		
16,8025 „	= 15,6800 „	= 93,21	92,53 %	
8,0495 „	= 7,4857 „	= 92,99		
12,5140 „	= 11,6500 „	= 93,09		
1,6570 trocken	= 3,060 mg N	= 0,18	0,18 %	
1,3705 „	= 2,448 „	= 0,18		
27,6265 trocken	= 0,0890 Asche	= 0,32	0,33 %	
30,7925 „	= 0,1013 „	= 0,33		

Ausgaben.

Koth trocken[1])	Stickstoff	Fett	Asche	Harnmenge	Stickstoff im Harn	Stickstoff aus Harnstoff
—	—	—	—	550	11,9	11,0
—	—	—	—	460	6,3	7,0
Summe 49,6	2,78	5,7	3,4	1010	18,2	18,0
im Tag 24,8	1,39	2,9	1,7	505	9,1	9,0

Der Verlust im Kothe betrug:

an Trockensubstanz . . 3,3 %
an Fett 1,8
an Kohlehydraten . . 1,9

Im Kothe finden sich also, obwohl nur 1,36g Stickstoff in der aufgenommenen Speise (im käuflichen Stärkemehl) enthalten waren, täglich 1,39g Stickstoff, welche wohl zum grossen Theile von den Rückständen der Verdauungssäfte herrühren. Ein ähnlicher Versuch ist schon früher von Parkes[2]) gemacht worden, der ebenfalls eine stickstofffreie Kost, zu 50% aus Zucker bestehend, gab und den Stickstoffgehalt des Kothes bestimmte; er fand darin für den Tag nur 0,4—0,6g Stickstoff. Da er aber nur den Koth des zweiten Versuchstages ohne genaue Abgrenzung untersuchte, so lässt sich schwer sagen, welche Genauigkeit seine Angabe beanspruchen darf. Da nun bei animalischer Kost (abgesehen von den zwei Maximalversuchen mit Milch und mit Milch und Käse) die Gesammtmenge des Stickstoffs im Kothe nur 0,6—1,5g beträgt, so kann man sagen, dass dieser Stickstoff ebenfalls grösstentheils Residuum der Verdauungssäfte und nicht Residuum der Nahrungsmittel ist, so dass der Stickstoff der animalischen Kost beinahe vollständig in die Säfte

1) { 104,7 Koth frisch = 19,0 trocken = 18,1 } 17,8 %
{ 137,0 „ „ = 24,0 „ = 17,5 }

{ 0,6475 trocken = 36,108mg N = 5,57 }
{ 0,5850 „ = 33,048 „ = 5,64 } 5,60 %
{ 0,3003 „ = 17,442 „ = 5,60 }

{ 1,2993 trocken = 0,1452 Fett = 11,17 } 11,53 %
{ 1,2722 „ = 0,1515 „ = 11,90 }

{ 2,6606 trocken = 0,1790 Asche = 6,72 } 6,76 %
{ 2,2191 „ = 0,1510 „ = 6,80 }

2) Proceed. of the Royal Soc. Nro. 89. 94.

übergeht, wie es sich auch durch die Versuche von Prof. Voit beim fleischfressenden Hunde herausstellte. Ich habe zwar im Kothe nach Fleischkost spärliche Reste von Muskelfasern mit dem Mikroskope aufgefunden; im Milchkoth, der wie ein Ballen geronnenen Kaseïns aussieht, war es mir aber nicht möglich, Eiweiss nachzuweisen, in Uebereinstimmung mit der Angabe Wegscheiders[1]) für den Milchkoth der Säuglinge.

Ob die Menge des aus den Verdauungssäften restirenden Stickstoffs bei verschiedener Nahrungsaufnahme eine sehr wechselnde ist, lässt sich nur durch Versuche entscheiden; ich glaube jedoch, dass die absoluten Schwankungen nicht sehr bedeutend sind.

Da bei Aufnahme von Maccaroni, Spätzeln, Brod, Mais und Reis die Bedingungen der Ausnützung und der Kothentleerung ganz ähnliche waren wie bei dem Versuche mit stickstofffreier Kost, so mag bei ersteren wohl auch ein Theil des Stickstoffs des Kothes nicht von den Speisen, sondern von den Verdauungssäften stammen; es ist daher die Ausnützung des Stickstoffs dieser Speisen etwas günstiger als früher angenommen wurde. Je geringer die Stickstoffausscheidung im Kothe ist, desto mehr macht sich jener Werth aus den Verdauungssäften geltend.

Dass von dem Stickstoff der Zufuhr ein gewisser Antheil in dem Kothe wieder erscheint, geht auch aus den beiden Versuchen mit Maccaroni hervor. Bei Zusatz von Kleber zu denselben findet zwar eine procentig bessere Ausnützung statt, aber die absolute Stickstoffmenge im Kothe nimmt zu. Von dem Schwarzbrod, den Kartoffeln, den gelben Rüben etc., von denen ganze Stückchen unverändert im Kothe wieder erscheinen, geht sicher durch die rasche Ausscheidung ein sehr beträchtlicher Theil des Stickstoffs zu Verlust; dabei werden auch andere sonst leicht ausnützbare Nahrungsmittel mitgerissen, wie es sich bei den Fettversuchen herausgestellt hat, bei welchen durch das Brod die Ausnützung des Fleisches beeinträchtiget wurde.

Schon bei Betrachtung der Ausnützung der gesammten Trockensubstanz und des Fettes hat sich herausgestellt, dass bei einer grösseren Gabe des Nahrungsstoffes die procentige Ausnützung desselben eine bessere wird. Das Gleiche sehen wir auch hier für den Stickstoff. Als die Versuchsperson mehr Weissbrod verzehrte (Ver-

1) Ueber die normale Verdauung bei Säuglingen, diss. inaug. Strassburg 1875.

such b), wurde mehr Stickstoff im Kothe ausgeschieden, aber die procentige Ausnützung verbesserte sich (von 25,7% auf 18,7%). Ebenso war es bei Aufnahme von Maccaroni ohne und mit Zusatz von Kleber, wie eben vorher angegeben wurde. Nur bei den Milchspeisen konnte kein solches Verhalten constatirt werden. —

Die Ursachen der so sehr verschiedenen Ausnützung der Nahrungsstoffe in den verschiedenen Nahrungsmitteln sind noch nicht genügend aufgeklärt.

Ein Moment ist das grosse Volumen, in dem ein bestimmtes Nahrungsmittel aufgenommen werden muss, um als Nahrung zu dienen; dies ist z. B. in hohem Grade bei den Kartoffeln der Fall, welche dauernd in grosser Menge gegessen den Darm ausdehnen und einen Hängebauch machen. Es findet bei diesen grossen Massen geradezu eine Verdrängung aus dem Darmcanale statt.

Weiters sind chemische Einflüsse maassgebend; das Auftreten niederer Fettsäuren, von Buttersäure und Milchsäure, oder auch von Gasen durch eine Gährung der Ingesta z. B. nach Genuss von Schwarzbrod bewirkt eine rasche Entleerung des Inhalts und deshalb eine ungünstige Ausnützung. Es ist nicht das Stärkemehl an sich, welches unter allen Umständen diese Umsetzung erleidet und so die grosse Kothmenge bewirkt; denn wenn man die nämliche Menge von Stärkemehl in der Form von Semmel oder Reis oder Maccaroni geniesst, ist die Ausnützung eine ganz günstige.

Es ist endlich eine gewisse physikalische Beschaffenheit der Nahrungsmittel von Bedeutung für die Art der Ausnützung. Von dem feinen Linsenmehle wird nach Strümpell's Untersuchung viel nutzbar gemacht; ganze Linsen dagegen widerstehen sehr der Einwirkung der Verdauungssäfte. Der von Fr. Hofmann untersuchte Mann entleerte nach Aufnahme von Linsen, Kartoffeln und Brod im Tag 116g trockenen Koth mit 47% des verzehrten Stickstoffs, nach Aufnahme der gleichen Menge Eiweiss im Fleisch und einer dem Stärkemehl äquivalenten Menge von Fett nur 29g trockenen Koth mit 18% des verzehrten Stickstoffs. Alle festen Körper bewirken eine schlechtere Ausnützung; durch Zusatz von aus Stroh bereiteter Cellulose zu der Mahlzeit wird weniger als gewöhnlich resorbirt; ebenso wirkt die Gegenwart von Kleie wie z. B. beim Pumpernickel, welche selbst unverändert durch den menschlichen Darmcanal geht und auch noch anderes sonst Verwerthbares mit sich reisst. Der Vorschlag, die Kleie mit ins Brod zu backen, ist

daher nicht nur nicht von Nutzen, sondern er bringt geradezu Schaden; solche Meinungen müssen stets durch den Versuch am Menschen geprüft werden, ehe man darauf allgemeine Maassregeln gründen will.

Ich habe nur die hauptsächlichsten der zu unserer Nahrung verwendeten Nahrungsmittel prüfen können; ich wollte an einer Anzahl von Beispielen zeigen, wie man Bestimmungen der Art auszuführen hat. Es müssen die Versuche noch über mehr Nahrungsmittel bei verschiedener Zubereitungsweise ausgedehnt werden, um über die Ausnützungsverhältnisse ganz ins Klare zu kommen. Es sind ferner in grösserer Ausdehnung verschiedene Mengen des gleichen Nahrungsmittels zu prüfen, da sich durch meine Versuche herausgestellt hat, dass die Ausnützung dabei eine sehr ungleiche ist; man hat dabei sehr darauf zu achten, ob das betreffende Nahrungsmittel auch in einer Quantität verzehrt werden kann, in der es als Nahrung dient. Darnach kann man zu bestimmten Gemischen von Nahrungsmitteln übergehen. Es sind endlich die Versuche an verschiedenen Menschen anzustellen, um die individuellen Verschiedenheiten zu finden, sowie an Menschen verschiedenen Alters, namentlich an Kindern.

Wie wichtig und nothwendig die Berücksichtigung der Ausnützungsverhältnisse bei der Beurtheilung einer Kost ist, zeigte sich bei der durch Herrn Dr. Schuster ausgeführten Untersuchung der Kost zweier Münchener Gefängnisse. Im Zuchthause in der Au werden einem Gefangenen täglich 104 g Eiweiss in der Kost dargereicht, im Untersuchungsgefängnisse in der Badstrasse dagegen nur 87 g. Man könnte daher meinen, dass die ersteren Gefangenen ungleich besser ernährt seien als die letzteren, und doch ist dies nicht der Fall, denn der Versuch ergiebt, dass die ersteren 78 g Eiweiss im Darm resorbiren, die letzteren 76 g. Dies kömmt daher, dass in der Kost der Zuchthausgefangenen ein grosser Theil des Eiweisses in der Form von Vegetabilien, von Brod etc. enthalten ist, in der der Untersuchungsgefangenen aber ein günstigeres Verhältniss der animalischen und vegetabilischen Substanzen sich findet; darum treffen auch bei ersteren auf den Tag 70 g trockener Koth, bei letzteren nur 30 g.

Entgegnung

auf die Antikritik des Herrn Dr. E. Wildt

von

Prof. Dr. **M. Wilckens**

in Wien.

Da Herr Wildt in seiner Entgegnung auf meine Kritik ankündigt (diese Zeitschrift 1878 Bd. 14 S. 421), dass er in der Ausarbeitung der zweiten, vollständigeren Untersuchung ausführlicher auf meine Kritik eingehen werde, so behalte ich mir die Rechtfertigung meiner Rechnungsweise vor, zugleich mit der Entgegnung auf die angekündigte Antikritik des Herrn Wildt. Ich werde nicht unterlassen Herrn Wildt zu antworten, nur glaube ich, da mir bekannt ist, dass die verehrliche Redaction dieser Zeitschrift eine rein kritische Streitfrage nicht ferner in ihren Spalten erörtert zu sehen wünscht, dafür eine landwirthschaftliche Zeitschrift wählen zu sollen.

Hier will ich nur berichtigen, dass ich nicht behauptet habe, dass Kieselsäure im thierischen Organismus assimilirt werde, sondern nur: dass der Schluss auf Nicht-Assimilation der Kieselsäure ohne genaue Untersuchung nicht gerechtfertigt sei. Ferner habe ich nicht gesagt, dass Herr Wildt die Voraussetzung gleichmässigen Fortrückens des Futters ausgesprochen habe, sondern ich halte diese Voraussetzung für die von Herrn Wildt ausgeführten Rechnungen für nothwendig. Darüber an einem anderen Orte.

Endlich will ich hier constatiren, dass Herr Wildt die den anatomisch-physiologischen Thatsachen (wonach wegen des Fehlens von Verdauungsdrüsen in den drei ersten Magenabtheilungen der Wiederkäuer eine Verdauung von Eiweisskörpern und Rohfaser

nicht möglich ist) widersprechende Behauptung von der Verdauung und Assimilation der Rohfaser und der Eiweisskörper in den drei ersten Magenabtheilungen seines Versuchsschafes in seiner Entgegnung nicht erklärt hat. Da der einzige den ersten drei Mägen zu Verfügung stehende Verdauungssaft, der Speichel, nach den bisherigen Erfahrungen Rohfaser und Eiweiss nicht verdaut, so hätte Herr Wildt die dieser Thatsache widersprechenden Resultate seiner Untersuchung aufklären müssen, wenn man der Versicherung in seiner Antikritik glauben soll, dass er mit den einschlägigen morphologischen und physiologischen Thatsachen sich vertraut gemacht habe. Dieser Widerspruch aber bildet den Hauptpunkt meiner Kritik — und er ist nicht gelöst.

Ueber die Permeabilität des Bodens für Luft.

Von

Dr. med. **Friedr. Renk.**

Privatdocent und I. Assistent am hygienischen Institute zu München.

Gestützt auf eine grosse Reihe sicher constatirter Thatsachen hat sich die Hygiene die Aufgabe gestellt, die hohe Bedeutung des Bodens für die menschliche Gesundheit zu ergründen. Wenn man an diese Aufgabe herantritt, wird man sofort gewahr, dass dieselbe eine höchst complicirte und mühsame Arbeit erfordert, indem eine grosse Reihe physikalischer, chemischer, biologischer und pathologischer Fragen zu beantworten ist, um zu der von uns gewünschten Lösung der Erkenntniss des Einflusses des Erdbodens auf unsere Gesundheit zu gelangen. Die Aufgabe der Forschung ist es nun, wie bei allen naturwissenschaftlichen Untersuchungen, von den einfachsten, unserer Erkenntniss am leichtesten zugänglichen Eigenschaften des Objectes ausgehend zu den höheren und complicirteren Verhältnissen fortzuschreiten, und wir dürfen überzeugt sein, dass wir um so erfolgreicher arbeiten werden, je mehr methodisch unser Verfahren eingerichtet wird. Wir wissen, dass die physikalischen Verhältnisse des Bodens von grösstem Einflusse sind auf die in ihm vor sich gehenden Processe [1]), und da wir diese als das unter Umständen für unser Wohlergehen Nützliche oder Schädliche betrachten müssen, so erscheint es geboten, von den physikalischen Eigenschaften des Bodens auszugehen. Gleichwie die Anatomie erst die mechanischen Verhältnisse des menschlichen Körpers festgestellt haben musste, bevor die Physiologie an eine erfolgreiche Ergründung der Lebenserscheinungen herantreten konnte, so müssen auch erst die mechanischen Verhältnisse des Substrates, an welchem die

---

1) Soyka, über den Einfluss des Bodens auf die Zersetzung organischer Substanzen: Zeitschrift für Biologie Bd. 14 S. 449 und andere daselbst citirte Arbeiten.

uns interessirenden Processe ablaufen, erkannt werden, bevor wir erwarten dürfen, deren eigenes Wesen selbst zu erkennen.

Von diesen Erwägungen ausgehend habe ich begonnen, einige physikalische Eigenschaften des Bodens der experimentellen und quantitativen Untersuchung von hygienischen Gesichtspunkten aus zu unterziehen, und habe für vorliegende Arbeit eine Reihe von Versuchen über die Grösse des Luftwechsels im Boden unter verschiedenen Umständen und soweit als derselbe von Druckdifferenzen abhängig ist, zusammengestellt. Wenngleich damit der Gegenstand noch lange nicht fertig erscheint, so glaube ich doch, dass dieselben sich vollkommen zur Veröffentlichung eignen, da sie einen Ueberblick über die Bedeutung der gestellten Frage geben.

Luftgehalt und Luftwechsel im Boden haben in hygienischer Beziehung ein vielfältiges Interesse. Die Aufmerksamkeit wurde hauptsächlich durch die Erfahrung wachgerufen, dass in Bergwerken Verschüttete unter Umständen am Leben blieben, die, hätte kein Luftwechsel durch den Boden hindurch stattfinden können, zum sicheren Erstickungstode geführt hätten.

Eine Anzahl von Vergiftungsfällen mit Leuchtgas, welche in Häusern vorkamen, in denen und in deren allernächster Nähe sich keine Gasleitung befand, sind als, man könnte fast sagen, experimentelle Beweise für die Luftbewegung im Boden anzusehen. Druckschwankungen, hervorgerufen durch Erwärmung unserer Häuser, müssen überhaupt, wenn der Boden kalt ist, ein Eindringen der in ihm enthaltenen Luft in dieselben bewirken[1]).

Luftgehalt und Luftwechsel spielen ferner eine bedeutende Rolle bei allen Verwesungsprocessen; es braucht kaum daran erinnert zu werden, wie sehr sich Böden mit hohem Luftgehalte von solchen mit geringerem bezüglich ihrer Brauchbarkeit für das Beerdigungswesen unterscheiden.

Wir müssen ferner die dem Boden entströmende Luft als das Vehikel, welches uns die Ansteckungsstoffe gewisser Krankheiten aus dem Boden übermittelt, betrachten, nachdem die Entwicklung derselben im Boden sicher constatirt ist, und das Trinkwasser,

---

1) v. Pettenkofer, populäre Vorträge Hft. 1.

welches bis in die neueste Zeit diese Vermittlerrolle fast ausschliesslich gespielt hatte, vor einer vorurtheilsfreien Prüfung weichen musste.

Wie in so vielen anderen Fragen verdanken wir auch hierin die erste Anregung und grundlegenden Arbeiten v. Pettenkofer. Seine Vorlesungen über Beziehungen der Luft zu Kleidung, Wohnung und Boden [1]) sind mit einer Reihe von Experimenten illustrirt, welche in höchst anregender Weise das Vorhandensein und die Bedeutung der Luft im Boden zur Anschauung bringen, und deren überzeugende Wirkung ihnen den Eingang in alle Vorlesungen über Hygiene, und dies nicht nur in Deutschland allein, verschafft haben.

Mit den Verhältnissen der Permeabilität befasst sich ausser der eben erwähnten nur noch eine Arbeit von Fleck [2]), welcher quantitative Versuche angestellt hat, wovon später die Rede sein soll.

Da wir den Boden als ein von Hohlräumen durchsetztes, also poröses Material zu betrachten haben, so interessiren für den vorliegenden Gegenstand noch eine Reihe von Arbeiten über ein anderes poröses Material, nämlich die Baumaterialien. Deren Permeabilität ist von einer Reihe von Experimentatoren bestimmt worden, nachdem auch hier v. Pettenkofer als der Erste durch eine Reihe allgemein bekannter Versuche den Anstoss gegeben hatte. Nach ihm haben sich damit hauptsächlich Märcker [3]), Schürmann [4]) und Lang [5]) beschäftigt, deren Resultate ebenfalls im weiteren Verlaufe eingehend berücksichtigt werden sollen.

I. Versuchsmaterial.

Die Permeabilität des Bodens für Luft kann nur von den physikalischen Eigenschaften desselben abhängig sein, so dass seine chemische Zusammensetzung ausser Betracht bleiben darf. Aus

1) v. Pettenkofer, populäre Vorträge Hft. 1.

2) Zweiter Jahresbericht der chemischen Centralstelle für öffentliche Gesundheitspflege in Dresden S. 40.

3) Märcker, Untersuchungen über die Diffusion von Kohlensäure durch poröse Scheidewände. Landwirthschaftliche Jahrbücher VI Supplementheft.

4) Dritter Jahresbericht der chemischen Centralstelle in Dresden S. 74.

5) Lang, über natürliche Ventilation und die Porosität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

dieser Erwägung ergab sich für vorliegende Versuche die Möglichkeit, mit einem in Hülle und Fülle zu Gebote stehenden Material, dem Münchener Geröllboden, alle in Wirklichkeit vorkommenden Bodenverschiedenheiten nachzuahmen. Dieses Material bildet eine Mischung von kindsfaustgrossen Geröllstücken mit kleineren bis herab zum feinsten Staub.

Durch Sortirung mit dem Knop'schen Siebsatze wurden daraus 6 Sorten von verschiedener Korngrösse erlangt, deren Dimensionen aus der Weite der Siebmaschen hervorgehen.

Ich bezeichne sie als:

Grobkies,	Durchmesser	grösser	als	7 mm
Mittelkies,	„	kleiner	„	7
Feinkies,	„	„	„	4
Grobsand,	„	„	„	2
Mittelsand,	„	„	„	1
Feinsand,	„	„	„	$^1/_3$—$^1/_4$

Grobkies wurde wegen der zu grossen Verschiedenheit der Korndurchmesser ausser Betracht gelassen. Die übrigen Sorten mit Ausnahme von Feinsand wurden vom anhängenden Staube durch Waschen befreit und getrocknet zu den Versuchen verwendet, Feinsand dagegen so wie er aus dem Siebsatze hervorging.

II. Versuchsanordnung.

Um die erwähnten Materialien zum Versuche zu verwenden, wurden sie in Blechcylinder gefüllt, welche unten durch zwei Drahtnetze verschlossen, also für Luft durchgängig waren. Das eine der beiden Netze aus starkem Drahte, mit weiten Maschen, diente dem zweiten Netze und dem ganzen Inhalte als Stütze, während dieses letztere aus sehr feinem Messingdrahte mit sehr engen Maschen das Herausfallen des Inhaltes verhindern sollte. In ähnlicher Weise konnte der Cylinder oben durch ein übergeschobenes Rohr aus Blech, in dessen Mitte ebenfalls zwei Drahtnetze wie die eben beschriebenen angebracht waren, verschlossen werden, wodurch die Herstellung eines vollkommenen Cylinders mit ebenen Grundflächen von genau messbarem Inhalte und, was von Wichtigkeit ist, auch von einem ergiebigen Durchmesser ermöglicht war.

Ohne diese Art des Verschlusses wären die vorliegenden Versuche unmöglich gewesen, da die bisher zu anderen Versuchen angewandte Methode des Verschlusses mit Filtrirpapier oder Baumwolle den Durchtritt der Luft verhindert oder wenigstens sehr erschwert hätte, abgesehen von der Möglichkeit der Anwendung so grosser Röhrendurchmesser, wie sie zu den folgenden Versuchen in Anwendung kamen. Die Drahtnetze beeinträchtigten die Geschwindigkeit der durch die Röhren strömenden Luft durchaus nicht in messbarer Weise, wie aus eigenen Controlversuchen zur Ermittlung dieses Punktes hervorging, und selbst wenn dies der Fall gewesen wäre, würde der Fehler für alle Versuche der gleiche gewesen sein, und diese folglich nicht an Werth verloren haben.

Es muss noch erwähnt werden, dass die Weite der Siebmaschen für Feinsand zu gross war, um diesen nicht durchfallen zu lassen; diesem Missstande wurde abgeholfen durch eine nur wenige Millimeter hohe Schichte von Mittelsand, welche unmittelbar auf das Drahtnetz zu liegen kam; es entstand dadurch allerdings ein Fehler, der jedoch nicht grösser sein kann, als höchstens 1%, was für derartige Versuche gewiss eine verschwindende Grösse genannt werden darf.

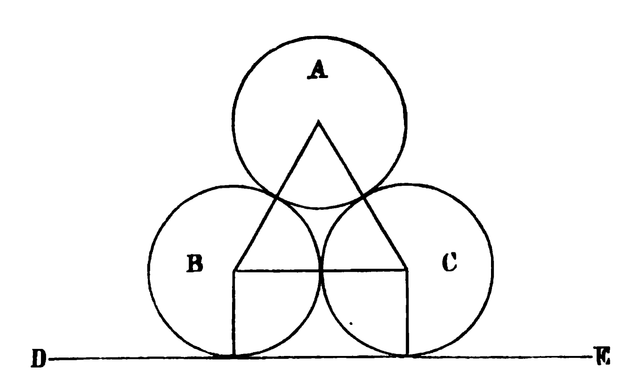
Das über den mit Boden gefüllten Cylinder geschobene Rohr wurde gewöhnlich luftdicht an diesen angelöthet, so dass das Experimentiren mit dem ganzen Apparate in allen Stellungen und an allen Orten sehr handlich war.

Die Dimensionen der Blechcylinder wurden folgendermassen gewählt. Die Höhe betrug 25—50 ^{cm}; letztere ergab sich nach Vorversuchen als die geeignetste für vergleichende Versuche. Durch Verbindung mehrerer Cylinder mit einander liessen sich auch Bodenschichten bis zu 2 ^{m} Mächtigkeit herstellen.

Der Durchmesser betrug 5 ^{cm}, wo nicht ein anderer angegeben ist.

Es ist von grosser Wichtigkeit, den Durchmesser der Röhren möglichst gross zu nehmen, wenn man das natürliche Gefüge des Bodens möglichst nachahmen will; es geht dies aus der Erwägung hervor, dass an der Wand des Gefässes, in welches ein Bodenmaterial eingefüllt wird, die Lagerung der Partikel eine ganz andere ist als in der Mitte des Gefässes; es entstehen an der Wand grössere

Hohlräume als im Innern; das gegenseitige Verhältniss derselben lässt sich schätzen, wenn man die Partikelchen sich als Kugeln denkt, welche Form bei manchen Bodensorten ziemlich zutrifft, und annimmt, dass sie alle gleich gross sind. Wenn in der folgenden Figur *A*, *B* und *C* die Durchschnitte solcher kugeliger Par-



tikel darstellen und *DE* die Wand des Gefässes, so ist schon auf den ersten Blick ersichtlich, dass das Lumen zwischen *B* und *C* und der Wand grösser ist als das zwischen *A*, *B* und *C* bleibende. Die beiden Grössen sind leicht zu berechnen, sie verhalten sich wie 2,7 : 1.

Man muss also darnach trachten, dass die Summe der an der Wand entstehenden Hohlräume gegenüber der Gesammtfläche eine möglichst kleine wird, und dies wird erreicht durch die Wahl grosser Durchmesser der Röhren.

Der Inhalt der Cylinder betrug 981^{ccm}, fast 1 Liter, so dass also der Vorwurf, mit zu geringen Quantitäten gearbeitet zu haben, wie er z. B. Fleck's Versuche und viele bisher in der Landwirthschaft übliche Methoden trifft, vermieden wurde.

Die Wahl von Cylindern aus Weissblech gestattete ein möglichst enges Aneinanderlagern der Bodenpartikel. Das Einfüllen geschah nämlich unter beständigem Aufklopfen des Cylinders auf eine Tischplatte, abwechselnd mit Schlägen, welche mit einem hölzernen Hammer gegen den Boden des Cylinders oder den oberen Rand und auch seitlich auf die Wand desselben geführt wurden. Diese

Manipulation ruft eine so innige Ineinanderfügung der Theile hervor, dass von einer gewissen Grenze an eine weitere Volumsabnahme des eingefüllten Bodens nicht mehr stattfindet, selbst wenn stärkerer Druck auf den Boden selbst ausgeübt wird.

Glasröhren, wie bisher angewendet, würden eine derartige Behandlung nicht gestatten.

Die Permeabilität der in solcher Weise hergestellten Bodencylinder wurde ebenso wie bei Lang's Versuchen geprüft, indem Luft unter Druck hindurchgetrieben wurde. Als Motor hierfür diente ein Gasometer von ca. 25 Liter Inhalt, aus welchem die Luft durch einen Gummischlauch in eine Gasuhr und von dieser durch einen Gummischlauch zum Versuchsobjecte geführt wurde. Der über das eine Ende des Bodens noch vorstehende Blechcylinder wurde zu diesem Zwecke mit einem Gummistopfen verschlossen, durch welchen ein Glasrohr gesteckt war; dieses war in Verbindung mit dem von der Gasuhr herkommenden Gummischlauche. Zwischen Stopfen und Oberfläche des Bodens blieb ein leerer Raum, so dass sich die aus dem Glasrohre unter Druck einströmende Luft auf den ganzen Querschnitt des Cylinders ausbreiten konnte. In diesen Raum mündete ein seitlich in die Wand eingelöthetes Messingröhrchen, in welchem ein Manometer befestigt wurde, welches den Druck in Millimetern angab. Druckänderungen wurden anfangs durch Auflegen von Gewichten oder Anhängen von Gegengewichten am Gasometer hervorgebracht; später bediente ich mich lieber einer Klemmschraube, welche den Gummischlauch zwischen Gasuhr und Boden umschloss, da auf diese Weise der Druck in jedem Augenblicke und sehr genau regulirt werden konnte. Jeder einzelne Versuch dauerte 1 Minute, bei sehr schwer durchgängigem Material 5—10 Minuten, bestimmt durch eine genau gehende, laut tickende Secundenuhr.

Die im Verlaufe der Abhandlung gegebenen Resultate sind jedoch nie aus einzelnen Versuchen gewonnen, sondern sind immer das Mittel aus mindestens 3 Einzelversuchen.

Einige Abänderungen der eben beschriebenen Versuchsanordnung sollen an Ort und Stelle bei den betreffenden Versuchen beschrieben werden.

III. Permeabilität des Bodens bei verschiedenem Drucke.

Aus den Versuchen von Märcker, Schürmann und Lang hatte sich ergeben, dass die Permeabilität poröser Materialien für Luft proportional dem Drucke zunimmt oder abnimmt. Auf die Allgemeinheit dieses Resultates bauend hatte ich eine Anzahl anderer Versuche bereits gemacht, als ich durch einige auffallende Ergebnisse veranlasst wurde, folgende Versuchsreihe über die Abhängigkeit der in der Zeiteinheit durch eine Bodenschichte strömenden Luftmengen vom Drucke anzustellen, deren Resultate in Tab. I enthalten sind.

Tabelle I.

Nr. des Versuches	Material	Länge des Versuchsobjectes	Druck in Millimetern Wasser	Durchgegangene Luft in Litern pro Minute
1	Mittelkies	0,25 m	8	13,85
2	„	0,25	16	22,28
3	„	1,5	40	11,24
4	„	1,5	80	18,09
5	„	2,0	40	8,98
6	„	2,0	80	14,81
7	„	2,0	120	19,69
8	„	3,0	8	2,50
9	„	3,0	16	4,63
10	„	3,0	32	8,52
11	„	3,0	64	14,61
12	Feinkies	0,25	8	6,20
13	„	0,25	16	10,66
14	„	0,25	32	18,16
15	„	0,5	25	10,40
16	„	0,5	50	17,43
17	„	0,5	80	23,95
18	„	1,0	25	8,48
19	„	1,0	50	14,88
20	„	2,0	50	5,64
21	„	2,0	100	10,00
22	„	2,0	150	13,63
23	Grobsand	0,25	8	0,65
24	„	0,25	16	1,30
25	„	0,25	32	2,60
26	„	0,25	64	5,10
27	„	0,25	128	9,68

Nr. des Versuches	Material	Länge des Versuchs-objectes	Druck in Millimetern Wasser	Durch-gegangene Luft in Litern pro Minute
28	Grobsand	0,5 m	50	3,49
29	„	0,5	100	6,65
30	„	0,5	150	9,69
31	„	1,0	50	1,40
32	„	1,0	100	2,74
33	„	1,0	150	4,04
34	„	1,5	50	1,01
35	„	1,5	100	2,02
36	„	1,5	150	3,00
37	„	2,0	50	0,87
38	„	2,0	100	1,73
39	„	2,0	150	2,52
40	Mittelsand	0,25	16	0,20
41	„	0,25	32	0,40
42	„	0,25	64	0,80
43	„	0,25	128	1,60
44	„	0,5	50	0,08
45	„	0,5	100	0,16
46	„	0,5	150	0,24
47	„	2,0	50	0,025
48	„	2,0	100	0,05
49	„	2,0	180	0,09
50	Feinsand	0,5	100	0,00666...
51	„	0,5	150	0,01

Der Durchmesser der Versuchsobjecte war bei allen Versuchen der gleiche, nämlich 5 cm, ausgenommen die Versuche Nr. 8—11, in welchem Falle er 6 cm betrug.

Die Versuche bestätigen die Proportionalität zwischen Druck und durchgegangener Luftmenge nur theilweise, bei vielen Versuchen sehen wir die Durchgängigkeit in einem geringeren Verhältnisse zunehmen als den Druck. Um die bedingenden Factoren besser überblicken zu können, ist in Tab. II das Ergebniss der in Tab. I enthaltenen Versuche in der Weise umgerechnet, dass der jeweilig niedrigste Druck und die ihm entsprechende Luftmenge = 1 gesetzt wurde.

Tabelle II.

Nr. des Versuches	Material	Länge des Versuchsobjectes	Druck	Durchgegangene Luft
1	Mittelkies	0,25 m	1	1
2	„	0,25	2	1,61
3	„	1,5	1	1
4	„	1,5	2	1,61
5	„	2,0	1	1
6	„	2,0	2	1,65
7	„	2,0	3	2,19
8	„	3,0	1	1
9	„	3,0	2	1,85
10	„	3,0	4	3,42
11	„	3,0	8	5,84
12	Feinkies	0,25	1	1
13	„	0,25	2	1,72
14	„	0,25	4	2,93
15	„	0,5	1	1
16	„	0,5	2	1,67
17	„	0,5	3,2	2,30
18	„	1,0	1	1
19	„	1,0	2	1,76
20	„	2,0	1	1
21	„	2,0	2	1,77
22	„	2,0	3	2,42
23	Grobsand	0,25	1	1
24	„	0,25	2	2
25	„	0,25	4	4
26	„	0,25	8	7,85
27	„	0,25	16	14,90
28	„	0,5	1	1
29	„	0,5	2	1,91
30	„	0,5	3	2,78
31	„	1,0	1	1
32	„	1,0	2	1,96
33	„	1,0	3	2,89
34	„	1,5	1	1
35	„	1,5	2	2
36	„	1,5	3	2,97
37	„	2,0	1	1
38	„	2,0	2	2
39	„	2,0	3	2,9

Nr. des Versuches	Material	Länge des Versuchsobjectes	Druck	Durchgegangene Luft
40	Mittelsand	0,25 m	1	1
41	„	0,25	2	2
42	„	0,25	4	4
43	„	0,25	8	8
44	„	0,5	1	1
45	„	0,5	2	2
46	„	0,5	3	3
47	„	2,0	1	1
48	„	2,0	2	2
49	„	2,0	3,6	3,6
50	Feinsand	0,5	1	1
51	„	0,5	1,5	1,5

Durch die Vornahme dieser Reduction ist die Verschiedenheit der Permeabilität, soweit sie von der Beschaffenheit des Materials abhängig ist, ausgeschlossen und somit deren Aenderung mit den Aenderungen des Druckes klar ersichtlich.

Die Tabelle ist so geordnet, dass die grobkörnigen Materialien den Anfang machen, während die feinkörnigen den Schluss bilden.

In demselben Maasse nun, als die Durchmesser der Körner kleiner werden, sehen wir eine Aenderung im Verhalten der durchgegangenen Luftmengen zum Drucke eintreten; während bei den feinkörnigen Materialien, Feinsand und Mittelsand, die Luftmengen sich ganz proportional dem Drucke verhalten, ist dies bei den grobkörnigen nicht der Fall; dort nehmen die Volumina in viel geringerem Maasse zu als der Druck. Die mit Grobsand angestellten Versuche stehen eben an der Grenze.

Andererseits geht etwas Aehnliches bei jedem einzelnen Materiale vor sich Hand in Hand mit der Zunahme der Dicke der Schichte.

Je höher diese wird, um so mehr beobachtet man die Proportionalität oder eine Annäherung an dieselbe.

So z. B. beträgt bei den Versuchen mit Mittelkies Nr. 4, 6 und 9 die durchgegangene Luftmenge bei doppeltem Drucke

1,61 wenn die Höhe 1,5^{m}
1,65 „ „ „ 2,0
1,85 „ „ „ 3,0 ist.

Bei Grobsand entspricht (Versuch 30, 33 und 36) dem dreifachen Drucke ein Luftvolum von

2,78 wenn die Schichte 0,5^{m}
2,89 „ „ „ 1,0
2,97 „ „ „ 1,5 hoch ist.

Endlich geht aus der Tabelle noch eine Verschiedenheit hervor, die von der absoluten Druckgrösse abhängig erscheint.

Wenn man die Versuche Nr. 23 — 27 incl. ins Auge fasst, so ersieht man daraus, dass bei Anwendung niedriger Druckgrössen Druck und Luftvolum proportional zunehmen, dagegen bei höheren Drucken nicht mehr, indem dann die Volumina langsamer zunehmen als der Druck, unter dem sie stehen.

In den genannten Versuchen steigt der Druck bei jedem nachfolgenden um das Doppelte; die entsprechenden Luftmengen verhalten sich dagegen wie 2,00, 2,00, 1,96 und 1,90.

Ebenso ist das Verhältniss in den Versuchen 8 — 11. Dem doppelten Drucke entspricht bei Versuch Nr. 9 ein Luftvolum von 1,85, bei Versuch 11 dagegen von 1,71.

Diese Resultate lassen sich also dahin zusammenfassen, dass Proportionalität zwischen Luftmenge und Druck beobachtet wird

1) bei feinkörnigem Materiale (Mittelsand und Feinsand),
2) bei grobkörnigem Materiale, jedoch nur bei Anwendung hoher Schichten, und
3) innerhalb niederer Druckgrenzen.

Aendert sich eines dieser Verhältnisse oder mehrere, indem ein grobkörniges Material zur Anwendung kommt, oder die Dicke der Schichte vermindert wird, oder indem hohe Druckgrössen angewendet werden, so tritt ein Factor auf, welcher die Zunahme der geförderten Luftmenge unter jenes Verhältniss herabdrückt.

Wenn man nun bedenkt, dass von den genannten drei Factoren in gleicher Weise die Geschwindigkeit, mit welcher die Luft durch

die Versuchsobjecte strömt, beeinflusst wird, so lässt sich das Resultat noch kürzer ausdrücken, wenn man sagt: Bei geringen Geschwindigkeiten der durch poröses Material gehenden Luft verhalten sich die Volumina derselben proportional dem Drucke. Wird die Geschwindigkeit eine grössere, so ändert sich dieses Verhältniss zu Ungunsten der Luftvolumina.

Für die Geschwindigkeit nun lässt sich die Grenze aus Tab. I annähernd bestimmen; sie liegt innerhalb der Versuche mit Grobsand. Das Volum der Poren ist für dieses Material 36 % des Gesammtvolums des Bodens; folglich, da der Querschnitt in allen Fällen 19,64 qcm beträgt, ist die Summe der Querschnitte der Poren 7 qcm. Da nun die Geschwindigkeit erhalten wird, wenn man die beobachtete Luftmenge mit dem Querschnitte dividirt, so berechnen sich für die Versuche mit Grobsand folgende Geschwindigkeiten pro Secunde.

Tabelle III.

Nummer des Versuches	Druck	Luftvolum	Absolute Geschwindigkeit pro Sec.
23	1	1	1,55 cm
24	2	2	3,09
25	4	4	6,19
26	8	7,85	12,14
27	16	14,90	23,05
28	1	1	8,31
29	2	1,91	15,83
30	3	2,78	23,07
31	1	1	3,33
32	2	1,96	6,52
33	3	2,89	9,62
34	1	1	2,40
35	2	2	4,81
36	3	2,97	7,14

Unter diesen Versuchen sind 5 (Nr. 23, 24, 25 und 34 u. 35), aus welchen ein proportionales Verhalten zwischen Druck und Luftvolum hervorgeht. Die höchste hierbei beobachtete Geschwindigkeit ist 6,19 cm in der Secunde. Diese Zahl liegt schon sehr nahe

an der Grenze, denn schon bei einer Geschwindigkeit von 6,52 cm pro Secunde ist das Luftvolum nicht mehr doppelt so gross als das unter dem halben Drucke durch das gleiche Object gegangene. Man wird daher nicht sehr weit irre gehen, wenn man 6,2 cm Geschwindigkeit pro Secunde als Grenze annimmt und nunmehr als Resultat der vorliegenden Reihe von Versuchen folgenden Schluss zieht:

Wenn Luft unter Druck durch poröses Material strömt, so sind die Luftvolumina der Grösse der Druckschwankungen proportional, so lange als die Geschwindigkeiten nicht mehr als 0,062 m pro Secunde betragen. Wird diese Grenze überschritten, so nehmen die Luftvolumina in einem geringeren Verhältnisse zu, als der Druck, welches letztere um so kleiner wird, je mehr die Geschwindigkeit der Luft zunimmt.

IV. Permeabilität bei verschiedener Höhe der Schichte.

Die von Schürmann, Lang und Märcker über diesen Factor angestellten Versuche ergaben, dass die unter gleichem Drucke durch ein und dasselbe Material strömende Luftmenge der Dicke desselben (nahezu, Schürmann) umgekehrt proportional ist. Nach den im vorhergehenden Abschnitte von mir gewonnenen Thatsachen jedoch lässt sich auch hier ein theilweise abweichendes Resultat erwarten. Wir wissen, dass, wenn Flüssigkeiten oder Gase durch eine Röhre strömen, der Druck am Ende, der Ausströmungsöffnung, gleich 0 ist, in der Mitte der Röhre die Hälfte und in der Mitte der beiden Hälften je $^3/_4$ resp. $^1/_4$ des an der Einströmungsöffnung herrschenden Druckes beträgt.

Nehmen wir nun an, wir hätten 2 Cylinder mit Mittelkies gefüllt, beide 50 cm lang, und finden wie in den Versuchen 1 und 2 von Tab. I die Permeabilität = 11,24 Liter bei einem Drucke von 40 mm und = 18,09 Liter bei einem solchen von 80 mm, so wird, wenn wir beide vereinigen, also eine doppelte Dicke der Schichte herstellen, bei einem Drucke von 80 mm die Permeabilität 11,24 Liter betragen, und nicht 9,045, wie man erwarten müsste, wenn jene Resultate der genannten Forscher für alle porösen Materialien Geltung hätten. Natürlich bei den feinkörnigen Materialien, bei welchen vollkommene Proportionalität zwischen Druck und Durchgängigkeit

auftrat, wird auch die umgekehrte Proportionalität der Permeabilität mit den Aenderungen der Schichtenhöhe zu erwarten sein. Und in der That bestätigen die angestellten Versuche, deren Resultate sich in Tab. III befinden, diese Erwägungen.

Die Versuche wurden in der Weise angestellt, dass je 4 Cylinder von den bekannten Dimensionen mit gleichen Mengen desselben Materials beschickt, und einzeln bei gleichem Drucke auf ihre Durchlässigkeit geprüft wurden. Hernach wurden sie luftdicht zu zweien und mehreren verbunden in der Weise, dass je das untere Ende einer Röhre in die Blechhülse der anderen, welche sonst zur Aufnahme des Gummistopfens diente, gesteckt und luftdicht eingelöthet wurde; dadurch war es auch ermöglicht, an den Verbindungsstellen den Druck abzulesen. Die der Gasuhr zunächst liegende Röhre ist in der Rubrik des Druckes mit R. 1 bezeichnet, die darauffolgende mit R. 2 und so fort; dagegen bedeuten die in der dritten Rubrik angegebenen Nummern die wirklichen Nummern der Röhren.

Tabelle IV.

Nummer des Versuches	Material	Röhren oder Combinationen derselben	Druck in Millimetern				Durchgegangene Luft in Litern
			1. Röhre	2. Röhre	3. Röhre	4. Röhre	
52	Mittelkies	Nr. 1	40				25,06
53	„	Nr. 2	40				23,90
54	„	Nr. 3	40				24,06
55	„	Nr. 4	40				22,89
56	„	Nr. 1 u. 2	40	20			15,86
57	„	Nr. 1, 2 u. 3	40	28	14		11,81
58	„	Nr. 1, 2, 3 u. 4	40	30	20	10	9,06
59	Feinkies	Nr. 1	50				16,08
60	„	Nr. 2	50				18,29
61	„	Nr. 3	50				14,88
62	„	Nr. 4	50				17,43
63	„	Nr. 1 u. 2	50	21			10,06
64	„	Nr. 1 u. 3	50	28			9,23
65	„	Nr. 1, 3 u. 2	50	34	14		7,09
66	„	Nr. 1, 3, 2 u. 4	50	38	24	12	5,64
67	Grobsand	Nr. 1	100				7,35
68	„	Nr. 2	100				4,71
69	„	Nr. 3	100				6,35

Nummer des Versuches	Material	Röhren oder Combinationen derselben	Druck in Millimetern				Durchgegangene Luft in Litern
			1. Röhre	2. Röhre	3. Röhre	4. Röhre	
70	Grobsand	Nr. 4	100				7,07
71	"	Nr. 1 u. 2	100	60			2,74
72	"	Nr. 1, 2 u. 3	100	74	30		2,04
73	"	Nr. 1, 2, 3 u. 4	100	78	44	18	1,72
74	Mittelsand	Nr. 1	100				0,16
75	"	Nr. 2	100				0,30
76	"	Nr. 3	100				0,19
77	"	Nr. 4	100				0,23
78	"	Nr. 1 u. 2	100	37			0,11
79	"	Nr. 1, 2 u. 3	100	57	36		0,065
80	"	Nr. 1, 2, 3 u. 4	100	68	52	22	0,050

Leider war es nicht gelungen, vollkommen homogenes Material herzustellen, so dass also die einzelnen Röhren, obwohl sie gleiche Gewichtsmengen von ein und derselben Korngrösse enthielten, meist verschiedene Permeabilität zeigten.

Betrachten wir zuerst, wie sich der Druck bei Combination mehrerer Röhren verhält. Bei Mittelkies differiren die Luftmengen, welche unter gleichem Drucke durch die isolirten Bodencylinder strömen, am wenigsten; daher sehen wir auch bei Verbindung von 2 Cylindern den Druck in der Mitte des Ganzen gerade die Hälfte des Druckes, wie er am Eintritte beträgt, ausmachen. Ebenso ist er bei der Zusammenstellung der 4 Röhren den Voraussetzungen entsprechend. Bei den anderen Korngrössen finden sich bedeutendere Unterschiede in der Durchgängigkeit der isolirten Röhren; es entstehen dadurch bei Combinationen derselben zwei Möglichkeiten, eine, dass auf ein weniger durchgängiges Material ein besser durchlassendes folgt, und die andere, dass das Verhältniss sich umgekehrt gestaltet. Im ersteren Falle wird mehr als die Hälfte des Druckes verwendet zur Ueberwindung der Reibung im ersten Cylinder; es muss dann der Druck am Anfange der durchlässigeren Röhre weniger betragen als die Hälfte des Anfangsdruckes. Im zweiten Falle, wenn also in der zweiten Röhre eine grössere Reibung überwunden werden muss, hat man am Anfange derselben

einen höheren Druck zu erwarten als die Hälfte des Druckes am Anfange der ersten Röhre.

Diese beiden Eventualitäten werden illustrirt durch Versuch 63 und 64. Im ersteren liegt eine weniger durchlässige Bodenschichte vor einer mehr durchlassenden; der Druck ist an der Verbindungsstelle kleiner als $\frac{50}{2} = 25$, er beträgt 21. In Nr. 64, wo die Versuchsanordnung eine umgekehrte ist, ist auch der Druck in der Mitte grösser als 25, nämlich 28^{mm}. Dasselbe wie in Nr. 64 wird in Nr. 71 und 79 beobachtet, während in Nr. 65, 72, 73, 78 und 80, mit Rücksicht je auf die beiden letzten Röhren, Anordnung und Resultat die gleichen sind wie in Nr. 63.

Was nun die durch die Röhrencombinationen geförderten Luftmengen anlangt, so sind die Eingangs dieses Abschnittes gemachten Voraussetzungen durch die Versuche bestätigt. Aus Abschnitt III geht hervor, dass die Permeabilität von Mittelkies und Feinkies sich verschiedenem Drucke gegenüber durchaus nicht proportional verhielt. Es ist daher auch nicht zu erwarten, dass z. B. im Versuche Nr. 56, bei welchem in der Mitte ein Druck von 20^{mm} abgelesen wurde, die durchtretende Luftmenge die Hälfte der im Versuche 53 gefundenen Luftmenge betrage; diese wäre $\frac{23,9}{2} = 11,95$. Statt dieser Zahl ergab sich eine Luftmenge von 15,86. Näher kommt man an diese Zahl, wenn man aus Tab. II die dem Drucke = 2 bei Mittelkies entsprechende Luftmenge = 1,6 zu Hilfe nimmt; alsdann erhält man $\frac{23,9}{1,6} = 14,9$. Es ist dies immer noch eine beträchtliche Differenz zwischen Versuch und Rechnung, welche jedoch daraus zu erklären ist, dass auf gleiche Porosität bei allen Versuchen bis hierher keine Rücksicht genommen wurde, dieselbe also höchst wahrscheinlich eine verschiedene war.

Stellt man nun andererseits bei Mittelsand, bei welchem Materiale sich durchweg die Proportionalität zwischen Druck und geförderter Luftmenge ergeben hatte, die Rechnung an, wie viel bei dem jeweilig am Anfange der letzten Röhre durch diese hindurchgeht, so stimmen Rechnung und Versuch vollkommen überein

und lässt sich folglich das Resultat der in Tab. III enthaltenen Versuche dahin präcisiren:

Wenn Luft unter gleichem Drucke durch verschieden hohe Schichten vollkommen homogenen Materials sich bewegt, so ist die ausströmende Menge derselben umgekehrt proportional der Höhe der Schichten, so lange es sich um Geschwindigkeiten von 0,062 ^{m} pro Secunde und darunter handelt. Bei grösseren Geschwindigkeiten nehmen die geförderten Luftmengen in geringerem Verhältnisse ab, als die Dicke der Schichte wächst.

Nach den in Abschnitt III gemachten Erfahrungen also könnte man die umgekehrte Proportionalität auch bei jenen Materialien, bei welchen sie nach Tab. IV nicht auftrat, erwarten, wenn viel höhere Schichten oder sehr geringe Druckgrössen oder mit anderen Worten viel geringere Geschwindigkeiten zur Anwendung kämen.

V. Permeabilität bei verschiedener Porosität.

Unter Porosität des Bodens versteht man zumeist das Verhältniss zwischen dem Volum der darin enthaltenen Hohlräume und dem Volum, welches der Boden mit den Hohlräumen einnimmt.

Im Verlaufe meiner Versuche kam ich auf einige Verhältnisse, welche mich veranlassten, eine andere Definition von Porosität zu geben. Ich verstehe unter Porosität nur eine Eigenschaft eines Körpers, ohne eine quantitative Vorstellung an das Wort zu knüpfen, nämlich die Eigenschaft, dass ein Körper den von ihm scheinbar eingenommenen Raum mit der ihm eigenthümlichen Masse nicht vollkommen erfüllt, weil Hohlräume vorhanden sind, welche von anderen Körpern, gasförmigen oder flüssigen, erfüllt werden.

Man hat in Folge dessen bei porösen Körpern ein scheinbares Volum und ein wirkliches Volum zu unterscheiden; ersteres bestehend aus dem letzteren und dem Volum der gesammten Hohlräume, welches ich Porenvolum nennen will. Ich habe diese Ausdrücke auch im weiteren Verlaufe beibehalten.

Man hat bisher den Grad der Porosität bestimmt, indem man das Gesammtvolum der Poren bestimmte und dies in Procenten des scheinbaren Volums des Bodens ausdrückte, ohne Rücksicht auf die Grösse der einzelnen Hohlräume zu nehmen. Die gewöhnliche

Methode, die man angewendet hat, die Porosität des Bodens zu bestimmen, besteht darin, dass man den lufttrockenen Boden (Kies, Sand etc.) in einem Gefässe (Messcylinder) durch Einstampfen auf ein möglichst kleines Volum bringt, dasselbe misst und nun Wasser aufgiesst. Das in dem Boden versinkende Volum Wasser stellt dann die Menge der im Boden enthaltenen Hohlräume dar.

Es trifft sich nun schon bei grobkörnigem Boden, dass Hohlräume von Luft erfüllt bleiben, welche nicht herausgebracht werden kann; bei sehr feinkörnigem Material aber kommt es vor, dass das Wasser die Hohlräume der obersten Schichten so vollkommen verschliesst, dass aus den tiefer gelegenen Partien die Luft gar nicht mehr entweichen kann. Etwas besser ist daher eine Anordnung, welche gestattet, das Wasser von unten in den Boden eindringen zu lassen; aber auch hier ist es möglich, dass einzelne Hohlräume mit Luft erfüllt bleiben, indem durch engere Capillarräume das Wasser schneller steigt, als durch weitere und so letztere manchmal von capillären Wassersäulen eingeschlossen werden, so dass die Luft nicht mehr entweichen kann.

Fleck benutzte zu seinen Bestimmungen eine andere Methode. Er schüttete den zu untersuchenden Boden in ein in einem Messcylinder befindliches Wasservolum, dessen Zunahme das wirkliche Volum des Bodens angab; hernach erst wurde das scheinbare Volum des Bodens bestimmt durch Aufstossen des Gefässes, bis der im Wasser befindliche Boden das kleinste Volum einnahm. Bei sehr feinkörnigem Material hat diese Methode den Nachtheil, dass dieses unter Wasser ein etwas grösseres Volum einnimmt als im trocknen Zustande.

Ich benützte seit einiger Zeit ein Verfahren, welches meines Erachtens für alle Bodenarten anwendbar ist und die genauesten Resultate giebt.

In ein Metallgefäss von der Form eines Cylinders, welches $^1/_4$ oder $^1/_2$ oder 1 Liter genau zu fassen vermag, wird so viel von dem zu untersuchenden Boden eingefüllt, dass dasselbe bis zum Rande voll ist; während des Einfüllens werden mit einem hölzernen Hammer von oben her oder von unten her, wie bei der Füllung der Versuchsröhren beschrieben wurde, leichte Schläge auf den

Cylinder geführt und somit ein möglichst kleines scheinbares Bodenvolum erzielt, welches also gleich dem Inhalte des Cylinders ist. Wenn dies geschehen ist, wird der Boden in einen bis zur Hälfte mit Wasser gefüllten Messcylinder geschüttet und die Zunahme des Wassers abgelesen; sie ist gleich dem wirklichen Volum des Bodens. Diese Methode ist sehr einfach auszuführen und erfordert nur wenige Zeit.

Für die in dieser Abhandlung angeführten Versuche wurde die Porosität berechnet, nachdem ein- für allemal bestimmt worden war, welches Volum eine Gewichtsmenge jeder einzelnen Bodensorte einnimmt. Diese Zahl war für alle Sorten die gleiche; nämlich 100^{g} haben ein wirkliches Volum 37,2^{ccm}.

Es war also immer nur nothwendig, die Dimensionen der Versuchsröhre zu bestimmen, welche das scheinbare Volum des Bodens ergaben, und das Gewicht des letzteren, woraus dann das absolute Bodenvolum und das der Poren leicht zu berechnen waren.

Man sollte auch darauf achten, zu den Bestimmungen des Porenvolums nicht zu kleine Mengen zu nehmen; ½—1 Liter sind für alle Fälle zu empfehlen, kleinere Mengen höchstens für ganz feinkörniges Material zuzulassen. Es ist darauf Gewicht zu legen, weil es bei Anwendung grösserer Mengen möglich ist, weitere Messgefässe zu nehmen, was aus dem über die Durchmesser meiner Versuchsröhren Gesagten als nothwendig hervorgeht.

So viel über die Bestimmungsmethoden des Porenvolums. Die im weiteren Verlaufe der Arbeit angeführten Zahlen für diese Grösse sind Procente des scheinbaren Bodenvolums. Bestimmt man mittelst der ersteren von mir eben empfohlenen Methoden das Gesammtvolum der Poren der zu meinen Versuchen verwandten Materialien, so ergeben sich auffallend geringe Differenzen, wie Tab. V zeigt.

Tabelle V.

Nummer des Versuches	Material	Volum der Poren
81	Mittelkies	36,7 %
82	Feinkies	36,0
83	Grobsand	36,0
84	Mittelsand	39,6
85	Feinsand	42,0

Es muss dies überraschen, wenn man die grosse Verschiedenheit im Korndurchmesser und der dadurch bedingten Weite der Poren bedenkt, und wenn man andererseits auf die Resultate von Tab. I zurückblickt, welche eine nicht minder grosse Verschiedenheit der 5 Bodensorten in Bezug auf die Durchlässigkeit erkennen lassen.

Stellt man aus genannter Tabelle die Versuche Nr. 29, 45 und 50, welche unter ganz gleichen Verhältnissen, gleichem Volum, gleicher Länge, gleichem Querschnitte der Röhre und gleichem Drucke, angestellt sind, mit den Zahlen der Tab. IV zusammen, so findet man, dass Grobsand mit 36% Poren

6,65 Liter (Nr. 29),

Mittelsand mit 39,6% Poren

0,16 Liter (Nr. 45),

Feinsand mit 42,0% Poren

0,00666 . . . Liter Luft (Nr. 50)

in der Minute durchlassen, woraus der paradox erscheinende Schluss hervorgeht, dass Materialien mit grösserem Porenvolum weniger Luft durchlassen als solche mit geringerem. Nach unseren bisherigen Vorstellungen erscheint dies unwahrscheinlich, und doch ist es unter Umständen so, wie die Versuche zeigen; wir sind nur nicht gewöhnt, auch die Dimensionen des einzelnen Hohlraumes in das Auge zu fassen. Sobald wir dies aber thun, erscheinen die obigen Resultate möglich; denn es ist ja klar, dass durch enge Röhren weniger Luft fliesst als durch weite, wenn Druck und Länge in beiden Fällen gleich sind. Wenn wir uns nun auch sagen müssen, dass bei gleichem Gesammtvolum der Poren und verschiedener Weite derselben, dort wo der Durchmesser des einzelnen Hohlraumes kleiner ist, eben entsprechend mehr solcher Hohlräume vorhanden sein müssen, so geht doch daraus noch nicht hervor, dass dadurch die durch die Verschiedenheit des Durchmessers der einzelnen Capillare bedingte Verschiedenheit der Durchlässigkeit wieder aufgehoben werde; denn es muss auch die Vergrösserung der Gesammtoberfläche der Poren in dem Falle der engeren Hohlräume mit in Betracht gezogen werden.

Diese ist es, welche eine bedeutende Vermehrung der Reibung und damit Verlangsamung der Geschwindigkeit, mit anderen Worten Verminderung der Durchlässigkeit hervorruft.

Es ist daher zunächst der Einfluss der Weite der Poren ins Auge zu fassen, und dies ist es, was mich bestimmte, den Begriff Porosität als eine Eigenschaft mancher Naturkörper von dem ein quantitatives Verhältniss derselben ausdrückenden Volum der Poren loszulösen, nachdem die Bedeutung derselben, wie ersichtlich, nicht von dieser Grösse allein bedingt wird, sondern auch von der relativen Weite des einzelnen Hohlraumes.

Ich stelle nunmehr die Frage nach dem Einflusse der Porosität auf die Permeabilität so:

Wie verhält sich die Permeabilität 1) bei gleichem Gesammtvolum, aber verschiedener Weite der Poren und 2) bei verschiedenem Gesammtvolum und gleicher Weite der Poren.

a) Permeabilität bei gleichem Gesammtvolum, aber verschiedener Weite der Poren.

Um die zur Beantwortung dieser Frage nöthigen Objecte zu erhalten, wurden in gleich grosse Röhren (50^{cm} lang, 5^{cm} diam.) gleiche Gewichtsmengen der verschiedenen Bodensorten eingefüllt, wodurch in allen ein gleich grosses Volum Poren erhalten wurde. Da Feinsand und Mittelsand sich nicht so gut an einander lagern wie die anderen Materialien, so wurden davon geringere, aber unter sich gleiche Gewichtsmengen genommen, so dass also doch vergleichbare Resultate einerseits zwischen Mittelkies, Feinkies und Grobsand, andererseits zwischen Mittelsand und Feinsand erhalten werden konnte. Diese sind in Tab. VI zusammengestellt.

Tabelle VI.

	Mittelkies	Feinkies	Grobsand	Mittelsand	Feinsand
Nummer des Versuches	86	87	88	89	90
Volum der Röhre (ccm)	981	981	981	981	981
Gewicht des Materials	1638 g	1638 g	1638 g	1463 g	1463 g
Porenvolum berechnet	37,9 %	37,9 %	37,9 %	55,5 %	55,5 %
Druck (mm Wasser)	20	20	20	20	20
Durchgegangene Luft (Liter)	15,54	6,91	1,28	0,112	0,00133

Diese Tabelle zeigt auf den ersten Blick, welch bedeutenden Einfluss die Weite der Hohlräume auf die Durchlässigkeit eines Bodens ausübt. Wenn man bedenkt, dass die für Mittelsand und Feinsand gewonnenen Zahlen noch kleiner sein müssten, wenn es gelungen wäre, dasselbe Volum an Poren herzustellen wie in den anderen Versuchen mit den grobkörnigen Materialien, so darf man wohl behaupten, dass unter Umständen durch einen Boden 20000 mal mehr Luft strömen kann als durch den anderen, wenn alle Verhältnisse, ausgenommen die Weite der Capillaren, die gleichen sind.

Es wäre nun von Wichtigkeit, diesen Factor in Rechnung ziehen zu können, und es ist dies auch schon versucht worden von Guerout[1]), welcher an Membranen Versuche angestellt hat. Er setzt die massige Oberfläche der Membranen $= 1$ und die Oberfläche der Porenöffnungen $= R$ und sagt, dass die Permeabilität sich proportinal dem Ausdrucke

$$\frac{R}{R+1}$$

verhält.

Nun ist aber für meine Versuche dieser Werth überall der gleiche, da überall, folglich auch auf jedem Querschnitte das Verhältniss zwischen Porenvolum und wirklichem Volum des Bodens das gleiche ist und somit auch an der Oberfläche.

Es ist also diese Formel nicht zu gebrauchen, ja es wird ihre Bedeutung durch die vorliegenden Versuche zum mindesten sehr in Frage gezogen.

Schürmann glaubte nach Untersuchungen von O. E. Meyer, welcher die Ausflussverhältnisse für Luft aus Capillarröhren studirte, annehmen zu dürfen, dass die Permeabilität sich proportional verhalte den vierten Potenzen der Oeffnungsdurchmesser, oder auch proportional den vierten Potenzen der Korndurchmesser, da dieser in einem ganz bestimmten Verhältnisse zu jenem stehe.

Letztere Annahme darf für lockeren Boden entschieden nicht gemacht werden, indem, wie im nächsten Abschnitte gezeigt werden

1) Comptes rendus T. 75.

soll, mit verschieden grossen Mengen des gleichen Materials ein und dasselbe scheinbare Volum hergestellt werden kann, je nachdem dasselbe mehr oder weniger fest in dasselbe eingestampft wird, eine Thatsache, welche gerade in hygienischer Beziehung von grosser Wichtigkeit ist, indem bei verschiedenen baulichen Anlagen der gewachsene (natürliche) Boden durch Erdarbeiten stark gelockert bei Verbringung an seinen alten Platz ein grösseres Volum einnimmt als vorher, also jedenfalls ein grösseres Porenvolum einschliesst als der gewachsene.

Den Versuchen, den Querschnitt der Poren zu berechnen, ja selbst nur zu schätzen, stellen sich aber sehr bedeutende Hindernisse in den Weg. Vor allem die Unregelmässigkeit des Querschnittes der Poren, die in jeder Höhe einer Bodenschichte eine andere ist; sodann die Communication unter einander, welche einen Vergleich mit einer Anzahl parallel verlaufender Capillarröhren nicht zulässt. Wollte man aber selbst noch diese Annahme machen, so dürfte man nicht allein den Querschnitt einer Pore in Rechnung bringen, sondern man müsste auf eine Bestimmung der Form dieses Querschnittes, ob kreisrund oder eckig, hinarbeiten; denn diese bestimmt die Grösse der Reibung innerhalb einer Pore. Von zwei Capillaren, welche ganz gleiche Querschnitte haben, besitzt diejenige, deren Querschnitt rund ist, eine viel kleinere Peripherie als z. B. diejenige, welche von drei Kugeln gebildet wird, wie sie die Figur in Abschnitt II zeigt.

Aber selbst wenn man dieses Element der Pore zu bestimmen vermöchte, würde noch der Factor zu eliminiren sein, welcher dadurch entsteht, dass in jenem Material, welches engere Poren hat, auf das gleiche Volum mehr solche Poren kommen als in jenem mit grösserem Durchmesser der Hohlräume.

Diese Erwägungen führten zu dem Versuche, die Gesammtoberfläche der Körner zu berechnen, um dadurch eine Vorstellung von der Grösse der die Reibung darbietenden Fläche zu gewinnen. Aber auch dieser Versuch ergab kein wahrscheinliches Resultat, selbst dann nicht, als ich die ziemlich unregelmässig geformten Kies- resp. Sandkörner durch Schrote oder Glasperlen von verschiedenen Durchmessern substituirte. Ich muss mich daher vorerst,

bevor weitere Versuche über diesen Punkt angestellt werden können, damit begnügen, constatirt zu haben, *dass die Weite der Poren von wesentlichstem Einflusse auf die Grösse der Permeabilität des Bodens ist, so zwar, dass beim Vergleiche zweier Bodenarten von verschiedener Korngrösse durch gleiche Volumina mit gleichem Querschnitte, unter gleichem Drucke und bei ganz gleichem Porenvolum, Luftmengen hindurchtreten, welche um das 20000fache verschieden sein können.*

b) Permeabilität bei gleicher Weite, aber verschiedenem Gesammtvolum der Poren.

Die Frage nach dem Einflusse des Porenvolums bei gleicher Maschenweite fällt zusammen mit der Frage nach dem Einflusse des Querschnittes unter sonst vollkommen gleichen Verhältnissen.

Denkt man sich nämlich zwei Bodencylinder aus dem gleichen Materiale hergestellt, von gleicher Länge und gleichem Verhältnisse zwischen scheinbarem Volum und Porenvolum, also auch gleicher Weite der Poren, aber verschiedenem Querschnitte, so wird bei sonst gleichen Verhältnissen jedenfalls dieser maassgebend für die Differenz in der Permeabilität beider Cylinder sein. Man denke sich nun den Cylinder mit grösserem Querschnitte durch Entnahme eines Theiles seiner compacten Masse ohne Veränderung des absoluten Gesammtvolums seiner Poren und der Weite der einzelnen auf das gleiche Volum, welches der andere Cylinder besitzt, gebracht, so hat man jetzt zwei Cylinder mit gleicher Weite der Poren, aber verschiedenem Porenvolum, ein Fall, der wohl bei lockerem Boden sich nicht recht denken und auch nicht nachahmen lässt, der aber bei Felsboden vielleicht eine Rolle spielen dürfte.

Nach dieser Voraussetzung wird also die Untersuchung des Einflusses des Querschnittes die Antwort auf die vorliegende Frage geben.

Es lässt sich erwarten, dass die Parmeabilität des Bodens sich dem Querschnitte proportional verhalten wird; denn wir können uns statt eines Cylinders vom Querschnitte 2 eben so gut zwei Cylinder vom Querschnitte 1 denken, welche beide natürlich ein doppelt so grosses Volum Luft durchlassen als einer allein.

Diese Erwartung fand sich in den Arbeiten von Märker, Schürmann und Lang vollkommen bestätigt; ich habe daher nur 2 Versuche angestellt und mich sofort überzeugt, dass auch bei meinen Bodenarten dasselbe Verhalten beobachtet wurde wie bei den Baumaterialien.

Die Versuchsanordnung war die, dass zwei Blechcylinder von gleicher Länge, aber verschiedenem Durchmesser mit dem Inhalte proportionalen Gewichtsmengen ein und desselben Bodens gefüllt und dann wie bisher zum Versuche zugerichtet wurden. Die damit erhaltenen Resultate sind folgende.

Tabelle VII.

Nummer des Versuches	Material	Durch-messer	Liter Luft per Minute
91	Feinkies Röhre *a*	5 cm	5,27
92	„ „ *b*	10	21,10
93	Grobsand Röhre *a*	5	2,96
94	„ „ *b*	10	12,00

Die Durchmesser der mit *a* und *b* bezeichneten Röhren verhielten sich also wie 1 : 2; daher

$$r^2 : R^2 = 1 : 4.$$

In demselben Verhältnisse müssten folglich auch die durch die mit Boden gefüllten Röhren geförderten Luftmengen stehen, und in der That ist

$$5{,}27 : 21{,}10 = 1 : 4{,}00$$

und

$$2{,}96 : 12{,}00 = 1 : 4{,}05,$$

womit die Proportionalität zwischen geförderter Luftmenge und Querschnitt und damit auch der gemachten Voraussetzung gemäss dem Gesammtporenvolum vollkommen erwiesen ist.

Bei der Untersuchung des Einflusses der Porosität ist noch von praktischem Interesse, zu sehen, wie sich der natürliche (gewachsene) Boden gegenüber dem aufgelockerten verhält; es folgt daher noch eine Versuchsreihe, welche diesen Gegenstand zum Objecte hat.

c) Einfluss der Lockerung des Bodens.

Wenn ein Boden gelockert wird, wie dies bei Erdarbeiten, z. B. beim Ausgraben des Grundes eines Hauses, der Fall ist, so wird dadurch sein scheinbares Volum vergrössert und damit auch die Weite der Hohlräume.

Vergleicht man jedoch gleiche scheinbare Volumina des gelockerten und des nicht gelockerten Bodens, so sind 2 Factoren geändert, nämlich die Weite der Poren und das Gesammtvolum derselben; beide sind im gelockerten Boden grösser, als im nicht gelockerten. Die nun folgenden Versuche sind auch von diesem Gesichtspunkte aus angestellt, indem zuerst das Material locker, ohne Anwendung von Stössen und Schlägen, eingefüllt wurde, und erst nachdem die Permeabilität in diesem Zustande gewonnen war, durch die genannten Manipulationen auf das kleinste Volum gebracht wurde. Der dadurch in der Röhre entstandene leere Raum wurde ebenfalls noch mit dem Material gefüllt, so lange bis nach längerem Schlagen keine Volumsänderung mehr eintrat. Dieser Zustand entspricht also dem des gewachsenen Bodens.

Tab. VIII enthält die auf diese Weise gewonnenen Resultate.

Tabelle VIII.

Nummer des Versuches	Material	Gewicht der Probe	Porenvolum in %	Druck	Durchgegangene Luft in Litern
95	Mittelkies Röhre *a*	1538 g	41,7	20 mm	25,21
96	„ „ *b*	1694	35,8	20	15,62
97	Feinkies Röhre *a*	1529	42,0	50	24,97
98	„ „ *b*	1664	36,9	50	17,56
99	Grobsand Röhre *a*	1490	43,5	50	5,72
100	„ „ *b*	1615	38,0	50	2,95
101	Mittelsand Röhre *a*	1324	49,7	50	1,10
102	„ „ *b*	1513	42,6	50	0,27

Die Versuchsanordnung enthält beide Extreme; einerseits war das Material so locker eingefüllt, dass es eben noch möglich war, damit zu arbeiten (Versuche *a a a a*), andererseits war es so fest gestampft worden als nur möglich (Versuche *b b b b*). Es fällt

sofort auf, dass bedeutende Differenzen in der Permeabilität eintreten, welche jedoch durchaus nicht proportional der Abnahme oder Zunahme des Porenvolums sind. Dies tritt besonders deutlich hervor, wenn man die Zunahme von Porenvolum und Permeabilität beim Uebergang vom gewachsenen zum gelockerten Boden in Procenten ausdrückt, wie dies die nachfolgende Tab. IX enthält.

Tabelle IX.

Material	Zunahme von	
	Porenvolum	Permeabilität
Mittelkies	16,5 %	61,4 %
Feinkies	13,8	42,2
Grobsand	14,5	93,9
Mittelsand	16,6	307,4

Es ist also bei den feineren Korngrössen die Zunahme der Permeabilität in Folge von Auflockerung eine viel bedeutendere als bei den grobkörnigen Bodenarten, bei Mittelsand z. B. 5 mal so gross als bei Mittelkies, obwohl in beiden Fällen das Porenvolum um nahezu ganz gleiche Grössen vermehrt wurde.

Bis hierher drehten sich die Versuche um die Permeabilität des Bodens gemäss seiner physikalischen Beschaffenheit, insoweit diese abhängig ist von der Structur des Minerals, woraus er besteht, wobei die Hohlräume als mit Luft erfüllt betrachtet wurden. Diese Beschaffenheit nun erleidet jedoch Veränderungen, ohne dass in der Lagerung der Gesteinsmassen gegen einander etwas geändert würde; es geschieht dies durch Ersatz der die Hohlräume erfüllenden Luft durch Wasser, welches in 2 Aggregatzuständen, als tropfbar-flüssiges und als Eis, im Boden vorkommt, und dessen Permeabilität ändert, wie folgende Versuche zeigen werden.

VI. Permeabilität des nassen Bodens.

Ueber das Verhalten des Bodens gegenüber dem Wasser liegen eine Reihe von Versuchen vor, welche in landwirthschaftlichem

Interesse angestellt wurden, und von denen die von v. Klenze[1]) und von Orth[2]) angestellten auch in hygienischer Beziehung Beachtung verdienen. In letzterer Hinsicht interessiren hauptsächlich 3 Zustände: erstens die totale Erfüllung der Hohlräume mit Wasser, zweitens eine partielle und drittens der gefrorene Zustand. Was den ersten Punkt anlangt, so kann man sicher annehmen, dass, wenn sämmtliche Poren statt mit Luft mit Wasser erfüllt sind, der Boden für Luft vollständig impermeabel ist, zum mindesten bei den geringen bis jetzt im Boden wirklich beobachteten Druckgrössen. Es könnte ein geringer Grad von Durchlässigkeit höchstens bei ganz dünnen Schichten vorkommen, wenn der in Wasserhöhe ausgedrückte Druck grösser wäre als die Höhe der Schichte, und selbst dies nur bei sehr grobporigem Boden, da bei feinporigem Material ausser der Hebung der Wassersäule im Boden auch noch eine sehr bedeutende Reibung zu überwinden wäre.

Eben so wenig darf man eine Permeabilität erwarten, wenn solch ein Boden gefriert, indem das Wasser sich beim Gefrieren ausdehnt und so die Poren gewiss vollständig verschliesst, falls noch irgend Raum offen wäre.

Etwas anderes ist es, wenn der Boden nur zum Theil mit Wasser gefüllt ist, und hier ist besonders jener Fall wichtig, wenn eben nur so viel Wasser im Boden ist, als derselbe zurückzuhalten vermag, wenn also dem Wasser der freie Abfluss nach unten gestattet ist.

Diese Sättigung des Bodens ist selbstverständlich für jeden Boden rein physikalisch betrachtet eine ganz bestimmte Grösse, in praxi aber und gerade von hygienischen Standpunkten aus kann man und muss man zwei Sättigungsgrössen ins Auge fassen, welche wesentlich abhängig sind von der Art und Weise, wie dem Boden das Wasser zugeführt wird. In der Natur geschieht die Befeuchtung des Bodens zumeist durch Regen. Derselbe sucht sich seinen Weg gemäss der Schwere in die Tiefe, bis er auf undurchlässige Schichten oder Wasser kommt. Dabei kann es nun vorkommen, wie bei den

1) v. Klenze, Untersuchungen über die capillare Wasserleitung im Boden etc. Landwirthschaftliche Jahrbücher 1877 Hft. 1.

2) Orth, amtl. Bericht der 50. Naturforscherversammlung in München 1877.

im Abschnitte Porosität besprochenen Methoden der Bestimmung des Porenvolums, dass Hohlräume vom Wasser unerfüllt bleiben, welche unter anderen Umständen solches zurückgehalten hätten. Dadurch bekommt man einen viel geringeren Grad von Sättigung als im anderen Falle, welcher ebenfalls in der Natur vorkommt, nämlich bei der Befeuchtung des Bodens von unten, also durch Schwankungen des Grundwassers. Diese, besonders wenn sie sehr langsam vor sich gehen, verdrängen aufwärts gehend alle Luft aus dem Boden; beim Sinken dagegen bleibt ein gewisser, je nach der physikalischen Aggregation des Bodens verschiedener Theil der Poren mit Wasser gefüllt, welcher aber grösser ist als im erstgenannten Falle, also nach Regen.

Die in Tab. X aufgeführten Zahlen zeigen diese beiden Unterschiede.

Tabelle X.

Nummer des Versuches	Material	Poren-volum	Be-feuchtung	Quer-schnitt	Wassercapacität	
					absolut	% der Poren
103	Mittelkies	37,9 %	v. oben	19,6 qcm	25	6,6 %
104	„	37,9	v. unten	19,6	47	12,6
105	Feinkies	37,9	v. oben	19,6	29	7,8
106	„	37,9	v. unten	19,6	63	16,9
107	Grobsand	37,9	v. oben	19,6	87	23,4
108	„	37,9	v. unten	19,6	116	31,2
109	„	37,9	v. oben	44,2	200	23,9
110	„	37,9	v. unten	44,2	250	29,8
111	Mittelsand	41,5	v. oben	19,6	191	47,0
112	„	41,5	v. unten	19,6	277	68,1
113	„	55,5	v. oben	19,6	186	36,4
114	„	55,5	v. unten	19,6	253	46,5
115	Feinsand	55,5	v. oben	19,6	354	65,1
116	„	55,5	v. unten	19,6	421	77,4

Wie ersichtlich, kann der Unterschied in der Capacität selbst mehr als das Doppelte der nach Regen im Boden zurückgehaltenen Wassermenge betragen.

Zu den vorstehenden Versuchen war behufs Befeuchtung von oben ein künstlicher Regen angewendet worden, so dass immer nur

Tropfen auf die Oberfläche fielen, und zwar so lange, bis aus dem unteren Ende der Röhre Wasser abfloss, also nichts mehr zurückgehalten wurde. Im zweiten Falle zur Nachahmung der Grundwassersteigung wurden die Bodencylinder in ein hohes Gefäss gestellt, in welchem das Wasser etwas höher stand als die obere Fläche des Bodens, ohne diese benetzen zu können.

Zu beiden Versuchsreihen blieben alsdann die Cylinder nach vollendeter Befeuchtung 12 Stunden oder länger aufrecht stehen, bis eben kein Ablaufen von Wasser sich mehr bemerkbar machte.

Man darf jedoch nicht glauben, dass das Wasser alsdann gleichmässig durch die ganze Höhe der Schichte vertheilt ist; auch wenn man die Verdunstung auf der Bodenoberfläche verhindert, beobachtet man bedeutende Differenzen im Wassergehalte in verschiedenen Höhen. So fand ich z. B. denselben bei einem mit Feinkies gefüllten Cylinder

a) an der Oberfläche zu 3,6 %
b) in der Mitte zu . . 4,5
c) unten zu 7,8

des Bodengewichtes.

Ebenso bei Mittelsand

a) an der Oberfläche zu 6,0 %
b) in der Mitte zu . . 9,2
c) unten zu 20,2

Bei dieser Sättigung des Bodens wurde nun auch die Permeabilität geprüft, natürlich um vergleichbare Resultate zu erhalten, bei gleichem Drucke wenigstens für ein und dasselbe Material.

Tab. XI enthält die dabei erhaltenen Resultate.

Tabelle XI.

Nummer des Versuches	Material	Poren-volum	Befeuchtung	Druck	Geförderte Luftmenge
117	Mittelkies	37,9 %	ohne	20 mm	15,54
118	"	37,9	von oben	20	14,63
119	"	37,9	" unten	20	13,70
120	Feinkies	37,9	ohne	40	14,04
121	"	37,9	" oben	40	13,16
122	"	37,9	" unten	40	12,55

Nummer des Versuches	Material	Poren-volum	Befeuchtung	Druck	Geförderte Luftmenge
123	Grobsand	37,9 %	ohne	40 mm	2,33
124	"	37,9	von oben	40	1,91
125	"	37,9	" unten	40	1,71
126	Mittelsand	41,5	ohne	150	0,57
127	"	41,5	von oben	150	0,11
128	"	41,5	" unten	150	0
129	"	55,5	ohne	150	0,84
130	"	55,5	von oben	150	0,23
131	"	55,5	" unten	150	0
132	Feinsand	55,5	ohne	150	0,01
133	"	55,5	von oben	150	0
134	"	55,5	" unten	150	0

Das Ergebniss ist, wie zu erwarten stand, eine Verminderung der Permeabilität des Bodens durch das in demselben vorhandene Wasser und zwar einerseits entsprechend dem Volum desselben, d. h. je mehr Wasser in einem und demselben Boden enthalten ist, um so mehr wird dessen Permeabilität herabgesetzt.

Andererseits aber wird auch unter verschiedenen Bodenarten die Permeabilität bei demjenigen am meisten verändert, welcher die grösste Wassermenge zu fassen vermag.

Es erhellt dies aus der in folgender Tab. XII ausgeführten Berechnung der Grösse der Abnahme in Procenten des durch den trocknen Boden geförderten Luftvolums.

Tabelle XII.

Nummer des Versuches	Mit Wasser erfüllte Poren	Verlust an Permeabilität
118	6,6 %	5,8 %
119	12,6	11,8
121	7,8	6,1
122	16,9	10,6
124	23,4	18,0
125	31,2	26,6

Nummer des Versuches	Mit Wasser erfüllte Poren	Verlust an Permeabilität
127	47,0 %	80,7 %
128	68,1	100,0
130	36,4	72,6
131	46,5	100,0
133	65,1	100,0
134	77,4	100,0

Wenn nun auch keine Proportionalität zwischen Wassermenge und Abnahme der Durchgängigkeit besteht, so sieht man doch im Ganzen genommen die Abnahme um so grösser, je mehr Wasser ein Boden in seinen Poren zurückzuhalten vermag, also je feinporiger derselbe ist.

Wir ersehen aus den vorliegenden Versuchen, wie ein Regen, der den Boden bis in die Tiefe von $^1/_2{}^m$ durchdrungen hat, bei sehr weitmaschigem Gefüge desselben die Durchgängigkeit nur um wenige Procente herabsetzt, während dieselbe bei sehr feinmaschigem Materiale sehr verringert, ja sogar gänzlich aufgehoben wird. Es ist dies der experimentelle Beweis für die Annahme, dass sich z. B. im Münchener Geröllboden keine Einwirkung des Regens auf die Kohlensäuremenge der Grundluft constatiren lässt, weil derselbe sehr locker gefügt ist, während man in den tieferen Schichten des Bodens von Calcutta, wie Lewis und Cuningham[1]) gezeigt haben, eine Vermehrung derselben beobachtet, wenn die starken Regen eintreten und die Hohlräume der oberflächlichen Schichten mit Wasser erfüllen, ohne dass irgend ein anderer Factor geändert würde als eben die Ventilation.

Diese Wirkung des Regens kann von enormer Bedeutung sein, indem die Luft im Boden mit allen ihren Beimengungen alsdann um so mehr in die Häuser, deren Sohlen vom Regen unbenetzt bleiben, einströmen muss, nachdem sie im Freien nirgends entweichen kann, und vielleicht spielt dieser Factor eine Rolle bei dem plötzlichen Auftreten von Epidemien nach heftigen Regen-

1) Cholera in relation to certain physical phenomena. Thirteenth annual Report of the Sanitary Commissioner with the Governement of India.

güssen und an Orten, welche auf sehr feinporigem Untergrunde erbaut sind.

Es entsteht nun noch die weitere Frage, wie sich der befeuchtete Boden im gefrorenen Zustande verhält.

Es liegt sehr nahe, einen gefrorenen Boden, zumal wenn derselbe kein Felsboden ist, sondern ein lockeres Gefüge hat, für weniger durchgängig zu halten als im nicht gefrorenen Zustande, da derselbe einen so ganz verschiedenen Eindruck auf unsere Sinne macht. Man erklärte sich daher auch das Eindringen von Leuchtgas von irgend einer Localität in ein entfernt stehendes Haus, was ja hauptsächlich im Winter beobachtet wird, damit, dass der gefrorene Boden das Gas nicht entweichen lässt, so dass es durch den nicht gefrorenen Untergrund der Häuser in diese eindringen muss. Wir wissen jetzt, dass nicht das Gefrieren des Bodens die Ursache hierfür ist, sondern die Erwärmung der Luft im Hause[1]).

Es wird jene Annahme auch sofort unwahrscheinlich, wenn man bedenkt, dass die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren $^1/_{10}$ seines Volums beträgt, so dass nur eine unbedeutende Verminderung des Porenvolums dadurch hervorgebracht werden kann.

Um nun auch den experimentellen Nachweis dafür zu liefern, wurden die zu den Versuchen über die Durchgängigkeit nassen Bodens verwendeten Bodencylinder in den beiden Sättigungsgraden dem Gefrieren ausgesetzt und dann wieder auf ihre Permeabilität geprüft.

Zu diesem Zwecke war es nöthig, einige Aenderungen in der Versuchsanordnung zu treffen. Es musste die Luft getrocknet durch den gefrorenen Boden geleitet werden, damit nicht in Folge der geringeren Temperatur desselben sich Wasser niederschlagen konnte, wodurch eine weitere Verminderung von Porenvolum und Permeabilität bewirkt worden wäre. Es wurde daher ein mit Chlorcalcium gefüllter Kolben eingeschaltet, in welchem die Luft ihr Wasser vollständig abgab, wie Controlbestimmungen zeigten. Ausserdem musste in einem kalten Raume (etwas über 0°, um das Einfrieren von Gasometer und Gasuhr zu vermeiden) gearbeitet

1) v. Pettenkofer, populäre Vorträge. Heft I.

werden, und überdies blieben die Röhren vor dem Fenster, durch dessen Rahmen ein Gummischlauch geleitet war, liegen, um das Aufthauen des Bodens zu vermeiden. Anfangs wurde auch noch vor dem Bodencylinder eine Glasröhre, welche in einer Kältemischung lag, eingeschaltet, um die Temperatur der Luft mindestens unter 0° herabzusetzen, später wurde einfach der mit Chlorcalcium gefüllte Kolben in Eis oder eine Kältemischung gestellt und damit dasselbe erreicht.

Die so angestellten Versuche sind in Tab. XIII enthalten, in deren letzter Columne der Verlust an Permeabilität in Procenten angegeben ist.

Tabelle XIII.

Nr. des Versuches	Material	Befeuchtung	Permeabilität		Verlust an Permeabilität
			feucht	gefroren	
135	Mittelkies	von oben	14,63[1]	13,87[1]	5,2 %
136	"	" unten	13,70	12,20	10,9
137	Feinkies	" oben	13,16	12,54	5,4
138	"	" unten	12,55	10,18	19,0
139	Grobsand	" oben	1,91	1,64	14,1
140	"	" unten	1,71	1,27	25,7
141	Mittelsand	" oben	0,11	0,07	36,4
142	"	" unten	0	0	—
143	"	" oben	0,23	0	100,0
144	"	" unten	0	0	—

Hiermit ist also doch die Wirkung des Gefrierens als eine unter Umständen sehr bedeutende constatirt. Wenn auch weitmaschige Bodenarten durch das Gefrieren nur wenig an ihrer Durchgängigkeit verlieren, so ist doch bei sehr feinporigen Arten der Effect ein sehr grosser, indem die Permeabilität daselbst ganz aufgehoben wird, wie aus Versuch 143 hervorgeht. Wenn diese Wirkung des Frostes nur durch die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren, welche bekanntlich $^1/_{10}$ seines Volums ausmacht, also durch eine Verengerung der Poren bewirkt wird, so müsste der Erfolg ein ähnlicher sein wie bei den Versuchen in Abschn. V. c, wo eine

Verengerung der Poren durch stärkeres Einstampfen eines vorher ganz lockeren Bodens hervorgerufen wurde.

Rechnet man entgegengesetzt, wie es bei Besprechung jener Versuche geschah, die Abnahme der Porosität von Versuch 95 auf 96, von 97 auf 98 u. s. f., und ebenso die entsprechende Abnahme der Permeabilität, und vergleicht damit die ebenfalls procentisch gerechnete Abnahme von Porenvolum und Permeabilität beim Gefrieren, so ergiebt sich folgende Zusammenstellung.

Tabelle XIV.

Nr. des Versuches	Material	% Verlust im		Nr. des Versuches	% Verlust im	
		Porenvolum	Permeabilität		Porenvolum	Permeabilität
95/96	Mittelkies	13,2	38,0	135	0,72	5,2
				136	1,43	10,9
97/98	Feinkies	12,1	29,7	137	0,84	5,4
				138	2,02	19,0
99/100	Grobsand	12,6	48,4	139	3,02	14,1
				140	4,48	25,7
101/102	Mittelsand	14,3	75,5	141	8,84	36,4
				143	5,19	100,0

Es wird daraus ersichtlich, wie nicht die Verengerung der Poren es ist, welche die Verminderung der Durchgängigkeit in Folge des Gefrierens hervorruft; sonst müssten Abnahme des Porenvolums und der Permeabilität sich doch mindestens in beiden Versuchsreihen ähnlich verhalten. So aber ist z. B. die Abnahme der Durchgängigkeit in Versuch 96 nicht ganz dreimal so gross als die des Porenvolums, während sie bei demselben Material 7 mal so gross ist, wenn die Verminderung des Porenvolums durch Gefrieren hervorgebracht wird, und so auch bei den anderen Versuchen mit Ausnahme von Versuch 141, dessen eigenthümliches Resultat vielleicht von einer Undichtigkeit die während des Versuchs entstanden war, herrührt.

Ich erkläre mir diese über Erwarten bedeutende Abnahme der Durchgängigkeit beim Gefrieren damit, dass im feuchten, nicht gefrorenen Zustande der Druck, unter welchem die Luft durch den

Boden strömt, im Stande ist, das Wasser aus manchen Hohlräumen zu verdrängen und in andere zu schieben, was nach dem Gefrieren nicht mehr möglich ist, da das Wasser dadurch unbeweglich wird. Ueberdies ist es denkbar, dass in einem Boden mit sehr weiten Hohlräumen dadurch, dass das Wasser in Nadelform gefriert, relativ sehr enge Hohlräume gebildet werden, welche dem Durchtritte der Luft ein grösseres Hinderniss entgegensetzen, als wenn das Eis die Wände der Poren einfach als dünne Schichte überziehen würde.

Ich schliesse hiermit die Mittheilung meiner Versuche über die Permeabilität des Bodens, soweit sie durch Druckdifferenzen bedingt ist, ab, obwohl mir noch eine Anzahl von Versuchen vorliegt, welche jedoch besser bei Besprechung der Diffussion durch Bodenschichten, deren Verhältnisse bereits in Untersuchung gezogen wurden, und in einer weiteren Abhandlung veröffentlicht werden sollen, Erwähnung finden werden.

Ueberblickt man die hier gegebenen Resultate, so ist für eine Reihe von Factoren, welche die Permeabilität des Bodens beeinflussen, zum mindesten eine quantitative Vorstellung über ihre Bedeutung gewonnen, welche für viele weitere Untersuchungen über Vorgänge im Boden von Wichtigkeit sein dürften. Gleichwohl soll nicht verhehlt werden, dass der wünschenswerthe mathematische Ausdruck für die meisten derselben noch nicht gefunden ist. Es besteht jedoch die gegründete Aussicht, dass die Versuche über Diffussion noch so manches zu einer exacteren Aufklärung der fraglichen Verhältnisse beitragen werden.

Wenn nun auch das Material in der Reinheit und Gleichmässigkeit der Körner, wie es zu den Versuchen angewendet wurde, in der Natur nur selten vorkommt, so sind doch in den vorliegenden Versuchen fast alle wirklich interessirenden Verhältnisse, welche die Permeabilität des Bodens bedingen, berücksichtigt worden, und diese erscheint demnach von den folgenden Factoren abhängig:

Wenn Luft unter Druck durch einen Boden strömt, so ist deren Menge 1) dem Drucke direct (Abschn. III), *2) der Höhe der Schichte umgekehrt proportional* (Abschn. IV), *jedoch mit der Einschränkung, dass die Geschwindigkeit nicht grösser als 0,062^{cm} in der Secunde*

ist. Sobald diese Grösse überschritten wird, ändert sich das Verhältniss und die Volumina der geförderten Luft nehmen alsdann in einem geringeren Verhältnisse ab, als der Druck abnimmt, resp. die Höhe der Schichte zunimmt, und umgekehrt. Die Luftmenge ist ferner proportional dem Querschnitte.

Die Porosität, worunter nur eine Eigenschaft eines Körpers zu verstehen ist, nämlich das Vorhandensein von Hohlräumen in dem scheinbaren Volum desselben, ist in zweierlei Beziehung von Einfluss; einmal sind die durch verschiedene Böden, deren Poren gleiche Dimensionen besitzen, unter gleichem Drucke strömenden Volumina Luft proportional dem Gesammtvolum der Poren (Abschn. V. b), *andererseits bedingt die verschiedene Weite der Poren bei gleichem Gesammtvolum so bedeutende Differenzen, dass die Extreme um das 20000fache verschieden sein können* (Abschn. V. a).

Eine Aenderung dieser beiden Factoren findet statt, wenn ein Boden aufgelockert wird, indem dadurch nicht nur die Weite der einzelnen Hohlräume, sondern auch deren Gesammtvolum vergrössert wird. Bei feinporigen Bodenarten resultirt daraus eine relativ viel bedeutendere Zunahme der Durchgängigkeit als bei Böden mit sehr weiten Maschen (Abschn. V. c).

Die Befeuchtung des Bodens durch Regen hat je nach der Weite der Poren einen sehr verschiedenen Effect; während die Permeabilität weitmaschiger Bodenarten dadurch nur wenig geändert wird, kann es bei engmaschigen zu vollständiger Undurchgängkeit kommen (Abschn. VI).

Denselben Effect, nur in viel höherem Maasse, hat die Befeuchtung von unten, wie sie das Sinken des Grundwassers in den darüberliegenden Schichten zurücklässt (Abschn. VI).

Gefriert ein Boden, so wird dessen Permeabilität herabgesetzt, und dies nicht nur in Folge der Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren, sondern hauptsächlich dadurch, dass das Wasser im gefrorenen Zustande in den Poren nicht mehr beweglich ist.

Ueber den Einfluss des Glycerins auf den Eiweissumsatz.

Von

Dr. **L. Lewin,**

Assistenten am pharmakologischen Institute zu Berlin.

(Aus dem physiologischen Institute zu München.)

Das Glycerin ist trotz seiner umfangreichen Anwendung in der Therapie und trotz seiner hervorragenden Stellung als Umwandlungsproduct von Fetten im Thierkörper bisher wenig Gegenstand exacter Untersuchungen hinsichtlich seiner Einwirkung auf die stofflichen Vorgänge im thierischen Organismus gewesen. Vorzüglich aus den Untersuchungen Voit's kennen wir die Veränderungen, die der Stoffumsatz durch grössere oder geringere Zufuhr von Nahrungsstoffen erleidet. Eiweiss, Fette, Kohlehydrate und die Aschebestandtheile haben hiernach einen scharf abgegrenzten Wirkungskreis erhalten, dessen Umfang die Veränderungen der Ausscheidung des Stickstoffs und Kohlenstoffs angeben. Wegen seiner physikalischen Eigenschaften wurde das Glycerin von seiner ersten Anwendung an in therapeutischer Hinsicht den Fetten gleichgestellt, trotzdem bereits durch Pelouze und Fremy die Alkoholnatur desselben festgestellt war. Abgesehen davon, dass man es als Vehikel für äusserlich anzuwendende differente Substanzen an Stelle des Fettes verwandte, versuchte man besonders in England, nur geleitet durch die Uebereinstimmung seiner äusseren Eigenschaften mit den fetten Oelen, dasselbe als fettansetzendes Mittel, zugleich aber auch als Heilmittel an Stelle des viel gebrauchten Leberthrans zu setzen. Es liegen eine Reihe von Beobachtungen vor, die bedeutende Erfolge nach diesen Richtungen hin verzeichnen, die aber, wie ich später zeigen werde, in keiner Weise vor der Kritik Stand halten können,

da sie sämmtlich ohne Rücksichtnahme auf die zu solchen Versuchen nothwendigen Erfordernisse angestellt sind.

Lauder Lindsay[1]) giebt an, dass der innerliche Gebrauch des Glycerins als Substitut des Leberthrans sich bei vielen constitutionellen, mit Abmagerung verbundenen Krankheiten bewährt habe; ja, Versuche an sich selbst wollen ihm gezeigt haben, dass das Glycerin so energisch in den Stoffumsatz des Thierkörpers eingreife, dass er durch den vierwöchentlichen Genuss von täglich zwei Kaffeelöffel voll Glycerin eine Körpergewichtszunahme von 1 kg constatiren konnte (!). Das Gleiche fand er bei Geisteskranken und Thieren.

Benavente, Crawcour u. A. berichten gleich Günstiges in dieser Beziehung vom Glycerin. Der Erstere giebt demselben noch besonders deswegen vor ähnlichen Mitteln den Vorzug, weil es bei Reizzuständen des Magens leicht vertragen werde.

Davasse (l. c.) kommt in seiner Monographie unter Anderem zu dem Schlusse, dass „der innere Gebrauch des Glycerins in gehörigem Maasse keine deletären Wirkungen auf den gesunden Menschen hat, dass es vielmehr einen günstigen Einfluss auf die Ernährung ausübt, deren Energie es vermehrt, ferner dass es in der Therapie neben dem Kleber, dem Proteïn, dem Pepsin eine ausgezeichnete Stellung in der zwischen den medicinischen Agentien und den diätetischen Mitteln engeren Sinnes vermittelnden Kategorie einnehmen kann".

Selbst in neuerer Zeit begegnen wir in klinischen Beobachtungen derartigen Angaben. So berichten Ebstein und Müller[2]), dass durch Einführung von Glycerin bis zu 50 g im Tag in Verbindung mit einer antidiabetischen Diät bei einem ihrer Diabeteskranken eine Gewichtszunahme von 7,5 kg während eines Winters beobachtet wurde, und Schleich[3]) will durch Darreichung von 100 g Glycerin mit 30 g Rum oder Arac, freilich bei ausgiebiger stickstoffhaltiger Kost, in 18 Tagen einen Gewichtszuwachs von 3 kg constatirt haben.

---

1) Refer. in Davasse, das Glycerin; übers. von Zeisse. Wien 1860 S. 15 ff.
2) Ebstein und Müller, Berl. klin. Wochenschr. 1875 Nr. 5.
3) Schleich, Würtemb. Correspondenzbl. XLIV. 1874 Nr. 34

Dieser allgemeinen Annahme von den nährenden Eigenschaften des Glycerins versuchte eine umfangreiche Untersuchung von A. Catillon[1]) eine experimentelle Basis zu geben. Meerschweinchen, welche bei gewöhnlichem Futter an Gewicht sich gleich blieben, zeigten bei Zusatz von 1g Glycerin eine Gewichtszunahme, die $^1/_{10}$ bis $^1/_{15}$ des ursprünglichen Körpergewichts betrug. Er meint, dass dieser Gewichtsansatz zu Stande komme einestheils durch Fettansatz, indem das Glycerin statt des Fettes verbrenne, anderentheils durch geringere Verbrennung der stickstoffhaltigen Stoffe. Um nun experimentell zu entscheiden, ob das Glycerin auf den Eiweissumsatz ähnlich einwirke wie die Fette, Kohlehydrate und der Leim, ob es also die normale Eiweisszersetzung in gewissen Grenzen verringere und so ein Sparmittel für Eiweiss sei, bestimmte Catillon am Menschen die Harnstoffausscheidung vor und nach Aufnahme von Glycerin. Nachdem die Harnstoffmenge bei gleicher Ernährung im Mittel aus 6 Tagen 23,55g betragen hatte, sank sie bei Zugabe von 30g Glycerin auf 17,44g. Grössere Gaben von Glycerin hatten einen etwas geringeren Einfluss. Ein ähnlicher Versuch an einer Kranken ergab während der ersten vier Tage der Glycerindarreichung eine Verminderung, später jedoch eine beträchtliche Steigerung der Harnstoffabsonderung. Letztere erklärt Verfasser für eine Folge der grösseren Nahrungsaufnahme, die durch das Glycerin als Appetit erregendes Mittel verursacht sei.

Somit wäre durch Catillon's Versuche dargethan, dass das Glycerin ein Nahrungsstoff im Sinne Voit's sei, dass es also im Stande ist, „den Verbrauch eines zur Zusammensetzung des Körpers nothwendigen Stoffes, nämlich des Eiweisses, zu verringern".

Indessen ganz erhebliche Zweifel steigen über die Richtigkeit der erlangten Resultate auf, wenn man die Untersuchungsmethoden Catillon's und seiner Vorgänger betrachtet. Bei allen entscheidet schon die Constatirung einer Gewichtszunahme über die stoffliche Wirkungsart des Glycerins. Eine Gewichtszunahme des Körpers erlaubt aber bekanntlich durchaus keinen Schluss auf Fett- oder

1) Catillon, Étude des propriétés physiologiques et thérapeutiques de la glycerine. Archives d. Physiologie normale et pathologique 1877 Nr. 1 u. 2.

Eiweissansatz, da bei grösserer Wasseraufnahme sogar Fett und Eiweiss verloren gehen können und das Gewicht doch steigt. Ferner ist, wie von den verschiedensten Seiten oft ausgesprochen worden ist, ohne genaue Kenntniss der Qualität und Quantität der eingeführten Nahrung eine exacte Stoffwechseluntersuchung nicht zu machen; dennoch begegnet man noch immer in der Literatur derartigen Angaben, die dieses wichtige Postulat vermissen lassen. Auch Catillon setzt sich in den oben erwähnten, an sich selbst und einer Kranken gemachten Versuchen über diesen Punkt hinweg[1]. Wenn man indessen bedenkt, dass ein Mensch, der nur ein zufälliges Plus von 50^{g} Fleisch in seiner gewöhnlichen täglichen Nahrung zu sich nimmt, schon 3,65^{g} Harnstoff mehr ausscheidet, so wird man das Zustandekommen von Irrthümern bei einer nicht genau gleich gehaltenen Kost leicht begreifen.

Immanuel Munk[2]) hat neuerdings bei einem Hunde von 20^{kg} Gewicht, den er mit Fleisch und Speck ins Stickstoffgleichgewicht brachte, mehrere Tage hindurch je 25 — 30^{g} Glycerin gegeben und gefunden, dass das Glycerin den Eiweisszerfall nicht wesentlich ändert, während die Verfütterung der gleichen Menge Rohrzucker die Stickstoffausscheidung im Harn um 7% herabsetzt; Dosen von 40^{g} wurden schlecht ertragen und machten diarrhoische Entleerungen.

Auf Veranlassung des Herrn Prof. Voit, dem ich ebenso wie Herrn Dr. Feder für ihre freundliche Unterstützung zu Dank verpflichtet bin, habe ich im Winter 1877/78 im physiologischen Institut zu München Versuche angestellt, die in erster Reihe unter Beobachtung aller Cautelen die Frage entscheiden sollten, ob nach dem innerlichen Gebrauche von Glycerin eine Aenderung in der Ausscheidung des Harnstoffs zu Wege gebracht werden könne. Die Versuchsanordnung war die aus dem Voit'schen Laboratorium her bekannte. Das bei einem 28^{kg} schweren, gut genährten Hunde verfütterte Glycerin hatte ein specifisches Gewicht von 1,210. Die Harnstoffbestimmungen wurden nach der Liebig'schen Methode, die für den harnstoffreichen Hundeharn hinreichend genaue Zahlen

1) Sans pousser la rigueur (!) jusqu'à peser nos aliments, nous nous sommes abstenu avec soin de tout écart de régime (l. c. p. 87).

2) Verhandl. der physiol. Ges. zu Berlin, 13. Dec. 1878.

auch für die Stickstoffausscheidung im Harn ergiebt, ausgeführt. Es wurden dabei, und dies ist der Hauptunterschied meiner Versuche von denen Munk's, auch grössere Dosen Glycerin gegeben, nämlich bis zu 200g.

Ich lasse nunmehr die Versuchstabellen folgen.

Der Hund erhielt täglich, um in das Stickstoffgleichgewicht zu kommen, 750g Fleisch (mit 25,5g Stickstoff) und 150g Fett ohne Wasser. Der Harn reagirte stets sauer.

Zeit 1877	Nahrung		Harnmenge	Spec. Gewicht	ccm Quecksilberlösung für 5 ccm	Harnstoff
	Fleisch	Fett				
13. Dec.	750g	150g	650 ccm	1,046	42,5	53,81
14. "	750	150	570	1,053	48,5	53,62
15. "	750	150	516	1,060	51,5	51,76
16. "	750	150	540	1,056	48,6	51,12
17. "	750	150	510	1,056	50,0	49,60
18. "	750	150	640	1,046	41,5	51,73
19. "	750	150	630	1,046	41,6	51,05
20. "	750	150	625	1,050	45,0	54,78
21. "	750	150	665	1,050	45,5	50,07
22. "	750	150	600	1,051	44,3	51,77
23. "	750	150	660	1,046	40,0	51,43
24. "	750	150	565	1,051	46,6	51,29
						51,84

Es wird nunmehr nach erfolgter constanter Harnstoffausscheidung mit der Darreichung von Glycerin begonnen, das unter das Fleisch gemischt wird.

Zeit 1877	Nahrung			Harnmenge	Spec. Gewicht	ccm Quecksilberlösung für 5ccm	Harnstoff	Bemerkungen
	Fleisch	Fett	Glycerin					
25. Dec.	750g	150g	30g	610ccm	1,054	48,0	57,42g	
26. "	750	150	50	610	1,047	41,5	52,97	
27. "	750	150	50	680	1,045	38,6	51,13	
28. "	750	150	50	685 (?)	1,044	36,5	48,70 ?	Harn in den Käfig gelassen
29. "	750	150	50	772	1,040	34,6	52,19	
30. "	750	150	50	1000	1,032	26,8	52,21	
31. "	750	150	100	910	1,035	28,8	51,05	Diarrhoe
1. Jan.	750	150	200	1060	1,036	25,5	52,65	"
2. "	750	150	200	1076	1,040	27,4	57,41	
3. "	750	150	200	1106	1,041	26,8	57,74	Fester Koth
							53,35	

Es tritt somit nicht eine Verminderung der Eiweisszersetzung durch Glycerin ein, sondern, wenigstens bei grösseren Dosen, eine kleine Erhöhung derselben.

Wenngleich die aus dem vorstehenden Versuche sich ergebende Erhöhung der Harnstoffausscheidung nicht bedeutend ist — sie beträgt im Mittel dieser 11 Bestimmungen im Tag ca. 1g —, so ist sie doch unverkennbar und widerlegt hinreichend die entgegengesetzten Resultate von Catillon. Wir sehen Hand in Hand mit der steigenden Darreichung des Glycerins — wie dies schon Ustimowitsch[1]) nachwies — eine Vermehrung der Harnmenge einhergehen, und es ist wahrscheinlich, dass dieselbe durch die Eigenschaft des Glycerins, Wasser anzuziehen, verursacht sei. Wir wissen nun aber andererseits aus Versuchen von Voit und Forster, dass bei erhöhter Wasserzufuhr und dadurch vermehrter Harnsecretion die Harnstoffmenge wächst, indem durch den stärkeren Wasserkreislauf der Eiweisszerfall vergrössert wird, und so wäre vielleicht hierin der Grund für die Harnstoffsteigerung nach Glyceringebrauch zu finden. Dass die letztere in der That eine nicht zufällige, sondern eine Folge der Darreichung des Glycerins ist, geht aus der folgenden Tabelle hervor.

Im directen Anschlusse an den obigen Versuch wurde der Hund auf seine normale Futterration ohne Glycerin gesetzt, um hierdurch eine Stütze für die Richtigkeit der Beobachtung zu gewinnen.

Zeit 1878	Nahrung			Harnmenge	Spec. Gewicht	ccm Quecksilberlösung für 5 ccm	Harnstoff
	Fleisch	Fett	Wasser				
4. Jan.	750g	150g	300 ccm	445 ccm	1,057	52,2	45,25g
5. „	750	150	300	660	1,044	39,2	50,39
6. „	750	150	300	760	1,039	33,2	49,25
7. „	750	150	300	770	1,039	32,2	48,29

Es treten uns aus dieser Versuchsreihe zwei Thatsachen entgegen. Einmal sehen wir, wie die Harnstoffmenge plötzlich mit dem Momente des Aussetzens des Glycerins selbst unter die Norm

1) Ustimowitsch, Pflüger's Archiv Bd. 13 S. 453.

fällt, und andererseits, wie trotz der Darreichung von Wasser der im Verlaufe des vorangegangenen Versuches an Wasser verarmte Organismus dieses als Ersatz des ihm durch das Glycerin entzogenen in sich behält und dadurch die Harnmenge geringer wird.

Schultzen[1]) hat bekanntlich aus gewissen theoretischen Erörterungen vorgeschlagen, bei Diabetes Glycerin zu geben. Abgesehen davon, dass seine Theorie auf einer unbewiesenen Grundlage steht und durch die klinischen Untersuchungen von Külz, Kussmaul u. A. die Wirkungslosigkeit des Glycerins bei Diabetes dargethan ist, würde auch die besprochene Eigenschaft des Glycerins, die Harnausscheidung zu vermehren, seiner Anwendung entgegenstehen. Harnack[2]), der die Fälle von Schultzen genauer beschrieb, sieht den Hauptwerth jener Behandlungsmethode, neben der Darreichung von den Kohlehydraten gleichwerthigem Brennmaterial, in der durch Entziehung der letzteren bewirkten Verminderung der Wasserbildung. Nach meinen Versuchen wird aber bei Glycerin im Gegentheil ansehnlich mehr Harn als ohne dasselbe entleert und dem Körper Wasser entzogen und Durst hervorgerufen. Bei grossen Gaben von Glycerin, von 100g und mehr, treten beim Menschen wie beim Hunde ausserdem leicht Diarrhöen auf, ein Umstand, der bei geschwächten Personen, um die es sich ja hauptsächlich handelt, sehr ins Gewicht fallen muss. Die Art der Darreichung ist hierbei ziemlich irrelevant. Schleich empfiehlt zwar zur Vermeidung der üblen Einwirkung auf den Darmcanal das Glycerin in Verbindung mit Alcohol und einem ätherischen Oele zu reichen; indess wird hierdurch, wie ich zu beobachten Gelegenheit hatte, nichts geändert, es treten trotzdem Diarrhöen, häufig von quälendem Tenesmus begleitet, ein.

Mit den beiden voranstehenden Versuchen ist entschieden, dass das Glycerin keinen Einfluss auf die Grösse der Eiweisszersetzung ausübt, wie das Fett oder die Kohlehydrate unter gewöhnlichen Umständen, oder dass diese Wirkung durch eine andere, welche

---

1) Beiträge zur Pathologie und Therapie des Diabetes mellitus. Berl. klin. Wochenschr. 1872 Nr. 35.

2) Zur Pathologie und Therapie des Diabetes mellitus. Archiv f. klin. Medicin XIII. 6.

grosse Quantitäten von Wasser in den Harn überführt, übercompensirt wird.

Es war nun von Interesse, im Anschlusse an den letztberichteten Versuch zu beobachten, wie sich die Ausscheidungsgrösse des Harnstoffs nach Darreichung einer dem verfütterten Glycerin gleichen Gewichtsmenge Fett gestalten würde.

Zeit 1878	Nahrung		Harnmenge	Spec. Gewicht	ccm Quecksilberlösung für 5 ccm	Harnstoff
	Fleisch	Fett				
8. Jan.	750 g	350 g	615 ccm	1,041	34,5	41,33 g
9. „	750	350	750	1,039	31,6	46,16

Der Unterschied in der Wirkung von Glycerin und Fett ist so auffällig, dass dieser Versuch keines weiteren Commentars bedarf. Wurde nunmehr dem Thiere wiederum seine ursprüngliche Nahrung gegeben, so resultirten folgende Zahlen für die Harnstoffmenge:

Zeit 1878	Nahrung		Harnmenge	Spec. Gewicht	ccm Quecksilberlösung für 5 ccm	Harnstoff
	Fleisch	Fett				
10. Jan.	750 g	150 g	895 ccm	1,037	29,8 ccm	51,95 g
11. „	750	150	885	1,037	30,4	52,40

Ein weiterer Versuch, den Einfluss noch grösserer Dosen von Glycerin, 300 g, zu constatiren, scheiterte an der dann auftretenden Giftwirkung des Mittels. Er traten Erbrechen, klonische und tonische Zuckungen ein, und der Hund liess Harn und Koth in den Käfig.

Wenn nun auch das Glycerin keine Eiweiss ersparende Wirkung besitzt, so kann es doch noch Fett im Körper vor der Zerstörung bewahren oder vielleicht die Fettabgabe ganz verhindern, also einen Nährwerth haben. J. Munk schloss aus seinen Versuchen, nach denen das Glycerin keinen Einfluss auf den Eiweisszerfall hat, dass es kein Nährstoff ist und keinen Nährwerth besitzt, und er meint, dass die Grösse der Eiweissersparniss ein directes Maass für die grössere oder geringere Bedeutung eines stickstofffreien Stoffes für die Ernährung giebt. Kohlehydrate haben eine stärker Eiweiss ersparende Wirkung als das Fett, und

doch bedeuten 100g Fett für die Ernährung mehr als 100g Kohlehydrat. Sehr grosse Gaben von Fett haben eine geringere Wirkung auf den Eiweissumsatz als mittlere. Giebt man zu Fett oder Kohlehydraten etwas Kochsalz zu, so wird die Eiweiss ersparende Wirkung aufgehoben, die Wirkung aber, die Fettabgabe vom Körper zu verhüten, nicht. Da nun das Glycerin wie das Kochsalz eine Vermehrung der Harnausscheidung hervorruft und dadurch eine Steigerung des Eiweisszerfalles bedingt, so ist die ersparende Wirkung nicht zu erkennen. Trotzdem vermag, wie gesagt, das Glycerin vielleicht den Fettverlust vom Körper wie das Fett oder die Kohlehydrate aufzuheben und somit ein Nahrungsstoff zu sein; dies ist aber nur durch Controlirung der Kohlenstoffausscheidung und mittelst eines Respirationsapparates zu entscheiden.

Ueber den Einfluss des Glycerins auf die Zersetzung des Eiweisses im Thierkörper.

Von

Nicolaus Tschirwinsky

aus St. Petersburg.

(Aus dem physiologischen Institute zu München.)

Ich habe den Versuch, welchen Herr Dr. L. Lewin über den Einfluss des Glycerins auf den Eiweisszerfall am Hunde angestellt hat, bei einem anderen Hunde von 24 kg Körpergewicht während des Sommers 1878 wiederholt, theils um das von ihm erhaltene Resultat nochmals zu prüfen, theils um in dem Harn nach Glycerin oder nach Zersetzungsproducten desselben zu suchen. Ich habe dabei ebenfalls grosse Dosen von Glycerin, bis zu 200g im Tag, gegeben, so dass auf 1kg Thier bis zu 8g trafen[1]). Ich habe dabei die folgenden Resultate erhalten[2]):

---

1) Harnack gab beim Menschen 160—180g Glycerin. Dujardin-Beaumetz und Audigé (Union méd. 1876 Nr. 143. 145. 147) fanden, dass das Glycerin in grossen Dosen giftig wirkt; 8—10g auf 1kg Körpergewicht, subcutan beigebracht, tödten einen Hund binnen 24 Stunden, 14g auf 1kg Körpergewicht bringen in 3—4 Stunden den Tod und zwar unter Auftreten von Hämaturie. Nach Plósz treten bei grösseren Dosen als 4—6g Glycerin auf 1kg Körpergewicht beim Hund schädliche Wirkungen auf; bei 8—10g auf 1kg geht das Thier in 24 Stunden unter Hämaturie zu Grunde, bei 12—15g in 4 Stunden.

2) Ich bemerke, dass die Gegenwart von Glycerin im Harn keinen Einfluss auf die Bestimmung des Harnstoffs nach Liebig's Methode hat. Der normale Harn vom 12. Mai ohne Glycerinzusatz enthielt, mit salpetersaurem Quecksilberoxyd titrirt, in 4,4ccm = 27,6mg Harnstoff; nach Zusatz von 34ccm Glycerin zu 250ccm Harn gaben 5ccm der Mischung mit 4,4ccm Harn = 27,2mg Harnstoff; die directe Stickstoffbestimmung nach Schneider-Seegen lieferte 25,9 und 26,5mg Harnstoff.

Datum Mai 1878	Nahrung Fleisch	Nahrung Wasser	Nahrung Glycerin	Harnmenge in ccm	Spec. Gewicht	Reaction des Harns	für 5 ccm Harn Quecksilberlösung	Harnstoff daraus	Bemerkungen
27.	—	30	—	392	1027	schwach sauer	24,0	19,7	—
28.	800	—	—	527	1040	„	35,0	38,6	—
29.	800	500	—	1085	1029	„	26,4	55,5	—
30.	800	500	—	1030	1029	„	25,8	55,5	—
1.	800	500	—	1087	1029	„	25,0	56,8	—
2.	800	500	—	1023	1028	„	24,8	53,0	—
3.	800	500	—	1032	1027	„	24,8	53,5	keine Glycerinreaction
4.	800	500	100	952	1036	„	27,2	54,1	Glycerinreaction,
5.	800	500	100	955	1031	„	23,8	47,5	„
6.	800	500	100	955	1031	„	24,8	50,3	„ wenig Harn verloren
7.	800	500	100	840} 1075	1032}	„	23,0}	40,4} 57,5	„
				235}	1038}	„	35,6}	17,5}	„ später Harn entleert, daher Harn vom 8. Mai dabei
8.	800	500	200	1530} 1760	1023}	neutral, sehr hell	8,2}	25,7} 52,1	„
				230}	1057}	sauer, dunkel	55,0}	26,4}	„
9.	800	500	200	1390	1032	sauer	18,3	52,4	„
10.	800	500	—	283} 539	1060	„	59,5}	35,3} 49,1	Hund sehr müde; Harn nicht ganz entleert
11	800	800	—	796} 539	1037	„	37,8}	62,9} 49,1	Hund wieder frischer
12.	800	500	—	1154	1028	schwach sauer	25,8	62,2	—
13.	800	500	—	1025	1032	—	30,0	64,3	—

Der Hund von Lewin bekam 750g Fleisch und 150g Fett zuerst ohne, dann mit Zugabe von Glycerin. Man hätte sich nun denken können, dass durch die grosse Menge von Fett schon das Maximum der Eiweissersparung erreicht worden ist, so dass das Glycerin keine solche mehr hervorbringen konnte. Ich habe deshalb meinem Hunde nur reines, sorgfältig von Fett etc. befreites Fleisch gegeben, wobei am leichtesten eine Verminderung des Eiweisszerfalls unter dem Einflusse irgend eines Sparmittels eintritt.

Der Hund befand sich vor der Zugabe des Glycerins mit 800g Fleisch (mit 27,2g Stickstoff) nahezu im Stickstoffgleichgewichte; er entleerte im Mittel aus 5 Beobachtungstagen im Harn 54,9 Harnstoff mit 25,6g Stickstoff; im Koth befinden sich bei Aufnahme von 800 Fleisch etwa 1,10 Stickstoff, so dass im Ganzen 26,6g Stickstoff täglich ausgeschieden wurden.

Die Zugabe des Glycerins brachte, verglichen mit der mittleren vorausgehenden Harnstoffmenge, keine wesentliche Aenderung der letzteren hervor; eher zeigte sich eine kleine Verminderung derselben, da im Mittel aus 6 Tagen 52,3 Harnstoff gefunden wurden. Dagegen scheint, verglichen mit der mittleren Harnstoffausscheidung (49,1g) an den beiden ersten nachfolgenden Tagen ohne Glycerinzugabe, das Glycerin eine geringe Steigerung der Eiweisszersetzung zu bedingen. Sonderbarerweise nimmt nach dieser anfänglichen mit einer geringen Harnmenge einhergehenden Verminderung die Harnstoffausscheidung unter Entleerung grösserer Harnmengen sehr zu, was nach eingreifenden Aenderungen im Körper durch allerlei Einwirkungen bei Fütterung mit reinem Fleisch öfter vorkommt.

Ustimowitsch[1]) hat zuerst die harntreibende Wirkung des Glycerins beobachtet. Bei Zugabe von 100 Glycerin war bei meinen Versuchen die Menge des Harns etwas vermindert (984ccm gegen 1051ccm); bei Zugabe von 200 Glycerin zeigte sie sich, wie bei den Versuchen von Lewin, sehr vermehrt (1575ccm), jedoch ohne Steigerung der Harnstoffmenge. Daraus geht, wie schon in Lewin's Abhandlung angedeutet wurde, hervor, dass das Glycerin in zweierlei Weisen, die sich entgegenwirken, in die Harnstoffbildung verändernd

1) Ustimowitsch, Pflüger's Arch. 1876 Bd. 13 S. 453.

eingreift. Es bringt nämlich offenbar in grösseren Dosen an und für sich eine Verminderung derselben hervor wie das Fett oder die Kohlehydrate; durch die Entziehung von Wasser und die Erzeugung einer reichlichen Harnmenge bedingt es aber eine Steigerung des Eiweissumsatzes. Die beiden Wirkungen können sich nun eben aufheben, dann bleibt die Harnstoffausscheidung unverändert, oder es kann die eine oder die andere der Wirkungen überwiegen. Da die Wasserausscheidung im Harn bei grösseren Gaben von Glycerin so sehr vermehrt ist und dieselbe nach Weglassung des Glycerins wegen Wassermangel weit unter das Normale herabsinkt, so muss bei Aufnahme von Glycerin ein Stoff in den Harn übergehen, entweder Glycerin selbst oder ein Zersetzungsproduct desselben. Fett oder Kohlehydrate, welche vollständig verbrannt werden und deren Zersetzungsproducte nicht in den Harn übergehen, bringen keine vermehrte Harnabsonderung hervor, wohl aber Eiweiss, welches stickstoffhaltige Zerfallproducte in den Harn sendet, oder die Darreichung von Harnstoff, Kochsalz etc. oder die Ausscheidung von Zucker bei der Zuckerharnruhr.

Auch bei den grössten Gaben von Glycerin in den Magen habe ich, so wenig wie Lewin, Hämoglobinurie auftreten sehen, wie man sie nach Einspritzung von Glycerin in eine Vene oder nach subcutaner Beibringung desselben beobachtet hat[1]). Ustimowitsch will allerdings auch nach Injectionen von Glycerin in den Magen von Hunden (bei mittelgrossen Thieren bis zu 2 Unzen) und von Kaninchen (bis zu ½ Unze) Hämoglobin im Harn gefunden haben; aber Luchsinger[2]) hebt mit Recht hervor, dass kein anderer Beobachter bei Zufuhr von Glycerin in den Magen Blutroth im Harn wahrgenommen habe.

Nach den Angaben von Scheremetjewsky[3]) vermehrt das Glycerin, in die Blutgefässe eingeführt, alsbald die Ausscheidung der Kohlensäure, weshalb er annimmt, dass es direct und rasch

1) Luchsinger, Pflüger's Arch. 1875 Bd. 11 S. 502.

2) Luchsinger, Centralblatt f. d. med. Wiss. 1877 Nr. 1 S. 1. — Salomon, Virchow's Arch. Bd. 61. — Luchsinger, Pflüger's Arch. 1874 Bd. 8 S. 289.

3) Scheremetjewski, Arbeiten aus der physiolog. Anstalt zu Leipzig 1869 S. 114.

im Organismus verbrannt werde; der Zucker bringt diese Vermehrung nicht hervor. Prof. Voit hat schon gegen die Schlussfolgerungen Scheremetjewski's geltend gemacht, dass eine Steigerung der Kohlensäureausscheidung, nach Einbringung eines Stoffes in die Säfte, noch nicht bezeugt, dass dieser Stoff zersetzt worden ist; denn es könnten auch andere Substanzen im Körper unter des ersteren Einfluss in grösserer Menge zerstört worden sein, wie es eintritt, wenn man irgend ein Agens z. B. Kälte oder Licht einwirken lässt. Oder es könnte ein eingeführter Stoff rasch verbrannt werden, ohne eine Vermehrung der Kohlensäureausscheidung zur Folge zu haben, wenn nämlich durch die Verbrennung dieses Stoffes ein anderer im Körper vorhandener vor der Zerstörung geschützt wird, wie es z. B. mit dem Zucker der Fall ist, der das ohne ihn verbrannte Fett vor der Verbrennung schützt.

Luchsinger hat angegeben, dass nach Einbringung von Glycerin in den Magen oder auch nach subcutaner Injection bei Kaninchen im Harn keine das Kupferoxyd reducirende Substanz auftritt. Ustimowitsch dagegen fand dabei im Harn von Hunden und Kaninchen einen das Kupferoxyd stark reducirenden Stoff, ein Zersetzungsproduct des Glycerins, das aber kein Zucker ist. Das Gleiche giebt P. Plósz[1]) an, der nach grösseren Gaben von Glycerin einen energisch reducirenden, nicht gährungsfähigen Körper im Harn vorfand (bei Hunden z. B. bei Gaben von 4—6^g Glycerin auf 1^{kg} Körpergewicht). Dagegen wollte Catillon bei Zufuhr von mehr als 20^g Glycerin letzteres unverändert im Harn nachgewiesen haben. Er benützte dabei eine eigenthümliche Methode, welche wohl kaum mit Sicherheit das Glycerin erkennen lässt. Er dampft nämlich den Harn zunächst bei 100^0 ein, extrahirt den Rückstand mit Alkohol und verdampft die alkoholische Lösung bis zur Syrupsconsistenz. Das Gewicht dieses Syrups soll nun bei normalem Harn zu der Menge des Harnstoffs im Harn in einem Verhältniss wie 1,5 : 1 stehen; bei Glycerindarreichung macht das Gewicht des Syrups einen grösseren Theil aus, woraus Catillon auf den Uebergang von Glycerin in den Harn schliesst. Munk giebt dagegen an, dass

1) Plósz, Pflüger's Arch. 1878 Bd. 16 S. 153.

sich im Harn des Hundes (von 20kg Gewicht) nach Aufnahme von 20 — 30g Glycerin weder Glycerinschwefelsäure oder Glycerinphosphorsäure, noch überhaupt unzersetztes Glycerin mit Sicherheit nachweisen lässt, auch nicht im Harn eines Menschen, der 20g Glycerin eingenommen hatte; Munk nimmt daher eine rasche und vollständige Zersetzung des Glycerins an.

Bei meinem Hunde habe ich nun eine eigenthümliche Erscheinung beobachtet. Als ich prüfen wollte, ob der Harn eine das Kupferoxyd reducirende Substanz enthält, fand ich, dass derselbe im Stande ist, grosse Mengen von Kupferoxyd in alkalischer Lösung mit lasurblauer Farbe zu erhalten, und zwar schon bei einer Gabe von 100g Glycerin, noch mehr bei 200g Glycerin, ohne dass das Thier irgendwie abnorme Symptome darbot. Beim Kochen trat nicht die mindeste Reduction zu Kupferoxydul auf. Es ist nun bekannt, dass das Glycerin wie andere Stoffe wie z. B. Weinsäure, Zucker etc. die Eigenschaft hat, Kupferoxyd bei Gegenwart von Alkali in Lösung zu erhalten; ich konnte daher nichts anderes annehmen, als dass ein Theil des Glycerins unverändert in den Harn übergegangen ist.

Ich zweifle nicht im mindesten daran, dass bei anderen Hunden kein Glycerin, namentlich bei geringeren Dosen, im Harn aufzufinden war, auch nicht, dass in anderen Fällen eine reducirende Substanz vorhanden war. Die Schicksale des Glycerins im Körper sind offenbar verschieden; es kann bei grossen Gaben unter Umständen das Glycerin als solches in den Harn übergehen, oder unter anderen Umständen zuvor in eine reducirende Substanz verwandelt werden.

Dass nach Aufnahme von Glycerin ein Stoff in beträchtlicher Menge in den Harn übergegangen ist, zeigt auch der an diesen Tagen im Verhältniss zum specifischen Gewicht des Harns geringe Verbrauch an Quecksilberlösung zur Titrirung des Harnstoffs.

Um einen Maassstab für die Menge des in dem Harn befindlichen Glycerins zu gewinnen, wurde von Herrn Dr. M. Rubner, Assistenten am physiologischen Institut, geprüft, wie viel Kupferoxyd eine gewisse Menge des vom Hund verzehrten Glycerins, mit normalem Hundeharn vermischt, in alkalischer Lösung zu erhalten vermag. Zu dem Zwecke wurden 2,5g Glycerin mit glycerinfreiem

normalen Harn zu einem Volum von 50 ccm verdünnt, so dass man eine 5procentige Lösung von Glycerin hatte; ebenso wurde durch Verdünnen von 5,0023 g Glycerin mit glycerinfreiem Harn zu einem Volum von 50 ccm eine 10procentige Glycerinlösung hergestellt. Beide Flüssigkeiten wurden nun mit je 5 ccm Natronlauge und 6 ccm einer concentrirten Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd versetzt, so dass stets ein nicht gelöster Ueberschuss von Kupferoxydhydrat in der Flüssigkeit blieb. Es wird nun unter Vermeidung von Wasserverdunstung filtrirt und von dem klaren, lasurblauen Filtrat eine bestimmte Menge weggenommen und darin das gelöste Kupferoxyd ermittelt. Das Filtrat wird dabei zur Trockne gebracht, der Rückstand geglüht, in Salpetersäure gelöst, mit Wasser verdünnt, gekocht und mit Natronlauge das Kupferoxyd ausgefällt. Letzteres wird abfiltrirt, das Filter nach dem Trocknen entleert und dann für sich in der Platinspirale verbrannt, die vereinigte Masse nach dem Erkalten mit Salpetersäure befeuchtet und wieder geglüht.

7,5 ccm der 5 proc. Lösung = 0,0305 g Kupferoxyd; 100 ccm = 0,4066 g Kupferoxyd
9,8 ccm „ 10 proc. Lösung = 0,0805 g „ 100 ccm = 0,8214 g „

d. h. eine 10procentige Lösung von Glycerin hält doppelt so viel Kupferoxyd in Lösung als eine 5procentige.

In der gleichen Weise wurden nun die Harne nach Aufnahme von Glycerin behandelt und aus dem Lösungsvermögen für Kupferoxyd auf den procentigen Gehalt an Glycerin geschlossen. 50 ccm des Harns wurden wie vorher mit 5 ccm Natronlauge und 6 ccm der Lösung des schwefelsauren Kupferoxyds versetzt, in einer bestimmten Menge des Filtrats das gelöste Kupferoxyd bestimmt und auf 100 ccm der Lösung gerechnet. So wurden gefunden:

am	4. Mai	bei	100	Glycerin	= 0,4843	Kupferoxyd
„	5. „	„	100	„	= 0,3200	„
„	6. „	„	100	„	= 0,3071	„
„	8. „	„	200	„	= 0,5875	„
„	9. „	„	200	„	= 0,7180	„
„	10. „	„	0	„	= 0,1970	„

Daraus berechnet sich ein Procentgehalt der Lösung an Glycerin zu:

4. Mai	= 5,8 %	Glycerin
5. „	= 4,0	„
6. „	= 3,7	„

8. Mai	=	7,1 %	Glycerin
9. „	=	8,7	„
10. „	=	2,4	„

Es kommt darnach auf den Tag eine Glycerinausscheidung im Harn von:

4. Mai	bei	100	Glycerin	55,0	Glycerin im Harn	= 55 %
5. „	„	100	„	38,0	„ „ „	= 38
6. „	„	100	„	36,8	„ „ „	= 37
8. „	„	200	„	124,9	„ „ „	= 62
9. „	„	200	„	120,9	„ „ „	= 60
10. „	„	0	„	6,8	„ „ „	= —

Es ist auffallend, dass eine so grosse Menge von Glycerin in den Harn übergehen kann, ohne Hämaturie zu bewirken. Offenbar wird vom Magen und Darm aus das Glycerin nur in sehr geringer Menge in einem kleinen Zeitmoment resorbirt und dann zerstört oder zum grossen Theil in der Niere wieder entfernt, ohne dass es zu einer Auflösung der Blutkörperchen und zu einem Uebergang von Hämoglobin ins Plasma kommt; bei der Einspritzung in eine Vene oder ins Unterhautzellgewebe ist in den Säften stets eine grössere Menge von Glycerin vorhanden als beim Uebergang aus dem Darmcanal, und verweilt dasselbe daher längere Zeit in dem Blute, ehe es durch Ausscheidung in der Niere oder Zerstörung im Körper ganz entfernt ist, so dass eine Lösung der Blutkörperchen möglich ist.

Zucker geht in einem solchen Falle, wenn er vom Magen aus zur Aufnahme gelangt, niemals, auch nicht bei der grössten Menge, in den Harn über; er wird also offenbar leichter und rascher im Organismus zerstört als das Glycerin, wenn man nicht annehmen will, dass letzteres in der Zeiteinheit in grösserer Menge vom Darm aus in die Säfte gelangt als der Zucker.

Die Hauptwirkung des Glycerins ist in 12 Stunden nach der Aufnahme desselben abgelaufen; denn als ich am 8. Mai bei Zugabe von 200 Glycerin den Harn in zwei Hälften nach je 12 Stunden auffing, wurden in den ersten 12 Stunden 1530 ccm Harn mit 25,7 Harnstoff, in den folgenden 12 Stunden nur 230 ccm Harn mit 26,4 Harnstoff entleert. An dem Tage nach der Aufnahme von 200 Glycerin findet sich nur mehr sehr wenig Glycerin im Harn.

Der normale Harn hält, in obiger Art behandelt, nur sehr wenig Kupferoxyd in Lösung. Diese Eigenschaft des normalen Harns ist bei den Glycerinversuchen dadurch compensirt, dass die Bestimmungen des Lösungsvermögens des Glycerins für Kupferoxyd in alkalischer Flüssigkeit unter Zumischung von glycerinfreiem Hundeharn vorgenommen wurden.

Wenn nun nach Darreichung grösserer Mengen von Glycerin entweder ein stark reducirender Stoff oder sogar Glycerin als solches im Harn auftritt, so wird es wahrscheinlich, dass das Glycerin auch in Beziehung der Ersparniss von Fett im Organismus kein Nahrungsstoff ist oder nur ein geringwerthiger. Es ist aber, um zu entscheiden, ob dasselbe wirklich in dieser Beziehung ein Nahrungsstoff ist, ob es Fett, namentlich den Leberthran, zu substituiren vermag, nothwendig, Versuche über die Ausscheidung des Kohlenstoffs durch die Respiration, den Harn und den Koth unter seinem Einflusse anzustellen. Wenn man den Körper eines Hundes mit Fleisch und Fett in das Stickstoff- und Kohlenstoffgleichgewicht der Einnahmen und Ausgaben setzt und dann dazu Glycerin giebt, so muss, wenn letzteres keine Bedeutung als Nahrungsstoff hat, der Kohlenstoff desselben als Plus in den Excreten sich vorfinden, im entgegengesetzten Falle muss weniger Kohlenstoff erscheinen, als im verzehrten Fleisch, Fett und Glycerin enthalten ist, zum Beweis dass vom zersetzten Eiweiss oder von dem Fett oder von dem Glycerin Kohlenstoff zum Ansatz gelangt ist.

Ueber die Bedeutung des Asparagins für die thierische Ernährung.

Von

Dr. H. Weiske, Dr. M. Schrodt und **St. v. Dangel.**

(Referent: H. Weiske.)

Sowohl im Pflanzen- wie im Thierkörper kommen verschiedene in die Gruppe der Amidosäuren gehörende Substanzen vor, welche mit den Eiweissstoffen der betreffenden Organismen dadurch in naher Beziehung stehen, dass sie meist als Producte der regressiven Stoffmetamorphose aufzufassen sind. Die im Thierkörper enthaltenen Amidosäuren können, soweit sie nicht als solche mit der Nahrung eingeführt worden sind, durchweg als durch den Stoffwechsel erzeugte Zersetzungsproducte der Albuminate und Albuminoide des Thierkörpers angesehen werden und repräsentiren dann der Hauptsache nach die Vorstufen des Harnstoffes, resp. der Harnsäure, wie dies unter Anderem für Glycin und Leucin von Schultzen und Nencki[1]), sowie für die Asparaginsäure von v. Knieriem[2]) durch directe Fütterungsversuche nachgewiesen worden ist.

So lange man annahm, dass die im Körper des lebenden Thieres vor sich gehenden Stoffwechselprocesse ausschliesslich analytischer und oxydirender Natur seien, lag es nahe, alle diese sog. Producte der regressiven Stoffmetamorphose im Wesentlichen als Auswurfstoffe anzusehen, denen keine weitere Bedeutung für den thierischen Organismus zukommt; seitdem aber bekannt ist, dass synthetische Vorgänge im Thierkörper keineswegs ausgeschlossen sind[3]),

---

1) Zeitschrift f. Biologie Bd 8 S. 124.

2) Zeitschrift f. Biologie Bd. 10 S. 263 und Bd. 13 S. 36.

3) Hierher ist z. B. zu rechnen die im Jahre 1824 von Wöhler nachgewiesene Bildung von Hippursäure etc., ferner diejenige von Aetherschwefel-

lässt sich auch die Möglichkeit einer gewissen Bedeutung dieser oben genannten Substanzen, insbesondere für den Ernährungsprocess der Thiere, nicht in Abrede stellen.

Zunächst wies C. Voit[1]) durch Fütterungsversuche mit Hunden nach, dass der Leim, jedenfalls einer der nächsten Abkömmlinge des Eiweisses und somit gewissermassen eines der Anfangsglieder der stickstoffhaltigen Producte regressiver Stoffmetamorphose, ein Nahrungsstoff ist und die Rolle des Circulationseiweisses im Körper der Thiere zu spielen vermag. Ebenso verhält sich nach den von Etzinger[2]) in dem physiologischen Institute zu München angestellten Untersuchungen das leimgebende Gewebe. Versuche, welche in ähnlicher Richtung von mir auf hiesiger Versuchsstation mit Hammeln angestellt worden waren[3]), ergaben ferner, dass der Leim und das leimgebende Gewebe auch von den Pflanzenfressern verdaut werden und für diese Thiere ebenfalls ein Nahrungsstoff sind. Ausserdem hat Escher[4]) unter L. Hermann's Leitung durch Fütterungsversuche gezeigt, dass Tyrosin, in Verbindung mit Leim verabreicht, ebenso, wie dies von Plósz[5]), Maly[6]) und Adamkiewicz[7]) für das Pepton nachgewiesen worden ist, das Eiweiss bei der Ernährung vollständig zu vertreten, also auch die Rolle des Organeiweisses zu spielen vermag. Dagegen hat sich die von Rudzki[8]) gemachte Angabe, dass auch die Harnsäure ein Nahrungsstoff sei, bei Wiederholung dieser Versuche durch Oertmann[9]) als unhaltbar erwiesen.

---

säuren (Baumann und Herter, Zeitschrift f. physiolog. Chemie Bd. 2 S. 244) sowie diejenige von Harnstoff aus Ammoniaksalzen (v. Knieriem a. a. O.; Salkowsky, Zeitschrift f. physiolog. Chemie Bd. 1 S. 1; Schmiedeberg, Archiv f. exp. Pathologie und Pharmakologie Bd. 8 S. 1; diesen entgegen: Feder, Zeitschrift f. Biologie Bd. 13 S. 256); desgleichen können hierzu auch zum Theil die bei der Verdauung stattfindenden hydrolytischen Processe gezählt werden.

1) Zeitschrift f. Biologie Bd. 8 S. 297 und Bd. 10 S. 202.

2) Zeitschrift f. Biologie Bd. 10 S. 84.

3) Journal f. Landwirthschaft Bd. 24 S. 265.

4) Vierteljahrsschrift der naturforschenden Gesellschaft in Zürich XXI S. 36.

5) Archiv f. d. ges. Physiologie Bd. 9 S. 323 und Bd. 10 S. 535.

6) Archiv f. d. ges. Physiologie Bd. 9 S. 585.

7) Natur und Nährwerth des Peptons. Berlin, Aug. Hirschwald. 1877

8) Petersburger medicin. Wochenschrift 1876 Nr. 29.

9) Archiv f. d. ges. Physiologie Bd. 15 S. 369.

Nach den Untersuchungen von v. Gorup-Besanez, Ritthausen, Pfeffer, Sachsse, Laskovsky, Soxhlet, Schulze u. A. kommen in den Samen und Keimlingen vieler Pflanzen Leucin, Tyrosin, Glutaminsäure, Asparaginsäure, Asparagin etc. vor, und nach Analysen von E. Schulze, Umlauft, Urich und Barbieri[1]) enthalten Kartoffeln und Rüben ganz besonders reichliche Mengen von Asparagin, die oft circa die Hälfte vom Gesammtstickstoff dieser Pflanzenstoffe ausmachen. Mit vollem Recht weist daher E. Schulze[2]) darauf hin, dass die Herbivoren und ganz besonders die pflanzenfressenden landwirthschaftlichen Hausthiere in ihrem Futter oft nicht unbedeutende Mengen dieser stickstoffhaltigen, nicht in die Classe der Eiweisskörper gehörigen Substanzen aufnehmen, und dass aus diesem Grunde das bei den Agriculturchemikern allgemein übliche Verfahren, die Eiweissstoffe der vegetabilischen Futtermittel durch Multiplication des Gesammtstickstoffes mit 6,25 zu bestimmen, besonders dort als fehlerhaft bezeichnet werden muss, wo es sich um Futtermittel handelt, die, wie z. B. die Rüben und Kartoffeln, sehr erhebliche Mengen anderer stickstoffhaltiger, nicht zu den Eiweisskörpern gehörender Substanzen enthalten. Denn wir kennen die Bedeutung dieser Amide und Amidosäuren für die thierische Ernährung noch sehr wenig oder gar nicht, und es bleibt daher zunächst noch fraglich, ob der Nährwerth solcher Futtermittel, in denen grössere Mengen dieser Substanzen vorkommen, nicht ein weit geringerer ist, als nach ihrem Gesammtstickstoffgehalt zu erwarten steht.

Asparagin, das Amid der Asparaginsäure, wird nach den Versuchen von v. Knieriem[3]) ebenso wie die Amidosäuren im Körper in Harnstoff übergeführt und als solcher im Harn ausgeschieden. Die Vermehrung der Harnstoffausscheidung im Harn war dem N-Gehalte des verfütterten Asparagins ($38{,}79^{g}$ in 2 Tagen) nahezu gleich, und nur $0{,}44^{g}$ N entzogen sich der Beobachtung. Die N-Abgabe vom Körper des Versuchshundes, welcher täglich

1) Landw. Versuchsstationen Bd. 20 S. 193 und Bd. 21 S. 63.
2) Landw. Jahrbücher von v. Nathusius und Thiel Bd. 6 S. 157.
3) a. a. O.

50g Brod, 100g Milch und 200g Wasser erhielt, betrug vor der Asparaginfütterung im Durchschnitt 1,26g N pro Tag, an den beiden Asparaginfütterungstagen aber nur 0,866g N pro Tag, war also während dieser Zeit ein Drittel geringer als vorher. Ebenso fand v. Longo[1]), dass das in den Organismus eingeführte Asparagin vollständig zerlegt wird und entgegen den Beobachtungen von Hilger und Koch keine Ausscheidung von Bernsteinsäure im Harn zur Folge hat.

Weitere Schlüsse in Bezug auf einen etwaigen Nährwerth des Asparagins gestatten die bis jetzt vorliegenden Fütterungsversuche mit diesem Amid nicht, weshalb es nicht nur vom wissenschaftlichen, sondern auch vom praktischen Standpunkte aus höchst wichtig erschien, die etwaige Bedeutung des in gewissen vegetabilischen Futtermitteln in reichlicher Menge vorkommenden Asparagins für den thierischen Organismus näher kennen zu lernen und vor allem festzustellen, ob dasselbe überhaupt für das Thier ein Nahrungsstoff ist oder nicht.

Zu diesem Zwecke wurden zunächst am 30. October 1877 vier ca. 10 Monat alte Kaninchen in vier kleine, mit lackirtem Zinkblech ausgeschlagene Ställchen, deren Boden aus Messingdrahtgewebe bestand, gebracht. Diese Thiere erhielten neben Wasser ad libitum ausschliesslich nachstehende Nährstoffmischungen, die in grösseren Quantitäten, gleichmässig gemengt für jedes Versuchsthier, vorräthig gehalten wurden und folgende Zusammensetzung besassen:

I.	II.	III.	IV.
50g Stärke	50g Stärke	50g Stärke	50g Stärke
10 Oel	10 Oel	10 Oel	10 Oel
2 Asche	2 Asche	2 Asche	2 Asche
	5 Asparagin	10 Leim	5 Leim
			5 Asparagin

Das Stärkemehl enthielt nur äusserst geringe Spuren von N[2]). Die Asche war durch Verbrennen von Heu und Cerealienkörnern dargestellt. In Mischung II waren anfangs 10g Asparagin enthalten;

1) Zeitschrift f. physiolog. Chemie Bd. 1 S. 213.

2) Die quantitative Bestimmung nach Varrentrapp-Will ergab 0,045% N.

das damit gefütterte Kaninchen starb jedoch bereits nach wenigen Tagen; dasselbe war bei einem zweiten Thiere der Fall. Es wurde deshalb die Asparaginmenge auf 5g vermindert und jetzt ein drittes, stärkeres Kaninchen aufgestellt, welches diese Futtermischung ganz gut vertrug.

Alle Versuchsthiere waren früher gleichmässig mit Heu und Körnern gefüttert worden, hatten 24 Stunden vor Beginn des Versuches aber keine Nahrung erhalten und frassen die ihnen vorgesetzten Nährstoffmischungen sofort. Morgens 8 Uhr wurde jedes Kaninchen gewogen, wobei sich folgende Gewichte in Grammen ergaben:

Versuchstag	I.	II.	III.	IV.	Versuchstag	I.	II.	III.	IV.
1	1125	1650	1400	1075	29	790	1400	1437	1242
2	1049	1551	1449	1162	30	759	1400	1352	1128
3	989	1630	1420	1127	31	757	1470	1385	1167
4	987	1665	1482	1017	32	760	1480	1332	1198
5	1010	1580	1430	1085	33	752	1520	1375	1197
6	989	1586	1457	1067	34	738	1497	1331	1242
7	1020	1607	1423	1078	35	772	1470	1330	1170
8	996	1515	1502	1137	36	755	1412	1317	1202
9	983	1466	1427	1036	37	735	1375	1319	1232
10	975	1485	1505	1077	38	713	1412	todt	1230
11	902	1561	1497	1105	39	735	1470		1135
12	921	1530	1477	1125	40	735	1453		1170
13	934	1550	1355	1154	41	722	1416		1200
14	944	1544	1411	1101	42	733	1365		1212
15	913	1430	1462	1144	43	740	1365		1225
16	892	1520	1510	1141	44	745	1385		1115
17	904	1515	1530	1057	45	717	1390		1157
18	892	1542	1438	1116	46	676	1414		1187
19	875	1530	1522	1168	47	647	1393		1214
20	877	1543	1557	1190	48	640	1390		1145
21	848	1524	1521	1111	49	todt	1375		1202
22	838	1545	1425	1115	50		1385		1187
23	838	1579	1415	1128	51		1395		1182
24	848	1525	1438	1100	52		1430		1102
25	819	1560	1514	1130	53		1430		1140
26	830	1526	1415	1156	54		1415		1160
27	813	1547	1429	1197	55		1412		1175
28	823	1455	1436	1215	56		1370		1135

Versuchs-tag	I.	II.	III.	IV.	Versuchs-tag	I.	II.	III.	IV.
57		1324		1164	65				1140
58		1245		1210	66				1160
59		1195		1237	67				1180
60		1180		1124	68				1182
61		1120		1157	69				1145
62		1112		1175	70				1172
63		1097		1157	71				1180
64		todt		1105	72				1175

An den zwei ersten Versuchstagen wurden von den Kaninchen noch wenige, aus Heuresten bestehende Faeces ausgeschieden. Hierauf fand bis zum 22. resp. 25. Versuchstage keine Darmentleerung statt. Erst nach dieser Zeit erschienen wieder einzelne Kothballen, die anfangs noch etwas Heurohfaser enthielten, später aber, nach ca. 8 Tagen, vollkommen frei davon waren und eine schwarze Farbe und pechartige Beschaffenheit besassen.

Das mit Leim gefütterte Kaninchen Nr. III, welches stets sehr grosse Wasserquantitäten consumirt hatte, starb nach 37 Tagen, ohne sehr stark abgemagert zu sein; es hatte in Summa 1224g, d. i. 33g pro Tag von seiner Futtermischung verzehrt, mithin täglich 23,0g Stärke, 4,6g Fett, 4,6g Leim und 0,8g Asche aufgenommen.

Hierauf verendete Thier I nach 49 Tagen, vollständig abgemagert; es hatte 1252g seines Futters, d. i. 26g pro Tag, enthaltend 21,0g Stärke, 4,2g Fett und 0,8g Asche verzehrt und einen Gewichtsverlust von 43% erlitten.

Alsdann starb nach 63 Tagen Thier II. Dasselbe hatte sich längere Zeit hindurch recht gut gehalten, magerte aber zuletzt, 8 Tage vor seinem Tode, plötzlich sehr stark und schnell ab. Der Futterconsum betrug bei diesem Kaninchen in Summa 1966g, d. i. pro Tag 31g, enthaltend 23,1g Stärke, 4,6g Fett, 2,3g Asparagin und 1,0g Asche. Hierbei hatte es einen Gewichtsverlust von 33,5% erlitten[1]).

1) Die von den Versuchsthieren I und II ausgeführten Wasserbestimmungen der einzelnen Körperbestandtheile, welche hier nur beiläufig und ohne weitere

Thier IV wurde im Ganzen 72 Tage lang mit seiner Nährstoffmischung gefüttert, von der es in Summa 2012 g aufnahm, d. i. pro Tag 28 g, enthaltend 19,4 g Stärke, 3,9 g Fett, 2,0 g Leim, 2,0 g Aspa-

---

Berücksichtigung ähnlicher, bereits von anderer Seite ausgeführter Untersuchungen angeführt werden sollen, ergaben gegenüber denselben Bestimmungen bei einem normal ernährten Kaninchen folgende Resultate:

	Thier I g	Thier II g	Normales Thier g
Fell, frisch	100,150	145,260	118,850
trocken	50,820	77,000	51,470
Wassergehalt	49,25 %	47,00 %	56,70 %
Herz, frisch	7,004	6,647	3,824
trocken	1,268	1,390	0,802
Wassergehalt	81,90 %	79,09 %	79,03 %
Nieren, frisch	8,089	12,272	10,511
trocken	1,452	2,083	2,247
Wassergehalt	82,05 %	83,02 %	78,62 %
Lungen, frisch	6,062	6,086	9,255
trocken	1,114	1,279	2,613
Wassergehalt	81,62 %	79,00 %	71,77 %
Magen, Därme, Blase leer, frisch	49,557	76,785	127,795
trocken	9,311	14,150	28,909
Wassergehalt	81,21 %	81,57 %	77,38 %
Knochen, frisch	124,900	148,010	131,500
trocken	49,780	76,600	80,260
Wassergehalt	60,14 %	48,24 %	38,96 %
Fleisch und Gehirn frisch	219,850	452,463	567,500
trocken	39,890	89,320	165,710
Wassergehalt	81,86 %	80,26 %	70,80 %
Leber, frisch	26,953	33,208	91,672
trocken	5,827	6,554	29,388
Wassergehalt	79,40 %	80,26 %	67,94 %
Blut, frisch	—	—	20,763
trocken	—	—	1,906
Wassergehalt	—	—	90,82 %
Magen-, Darm-, Blaseninhalt	77,500	182,000	335,000
Verlust	19,935	34,269	43,330
Gewicht des todten Thieres	640,000	1097,000	1470,000

ragin und 0,7g Asche. Dieses Kaninchen blieb während dieser Zeit stets munter und bei gleichem Lebendgewicht.

Nach den Resultaten dieser Fütterungsversuche hatte es also den Anschein, als ob die Verabreichung von Asparagin (Thier II) neben einer stickstofffreien Nährstoffmischung, bei der Thier I nach 49 Tagen vollständig abgemagert verhungerte, das Leben zwar nicht auf die Dauer zu erhalten, wohl aber den Hungertod etwas hinauszuschieben vermöge, indem das Asparagin vielleicht eiweissersparend zu wirken im Stande ist. Weiter schien es bei Thier IV, als ob Asparagin und Leim, neben stickstofffreiem Futter verabreicht, das Leben zu erhalten vermöge, woraus dann der weitere Schluss zu ziehen wäre, dass Leim + Asparagin nicht nur das Circulationseiweiss, sondern auch das Organeiweiss vertreten könnte[1]).

Bei der hohen Wichtigkeit dieses Gegenstandes war es zur Erlangung entscheidender Resultate nothwendig, weitere Beobachtungen und Versuche in dieser Richtung anzustellen. Es wurden daher sechs junge, im Wachsthum befindliche Hühner in die früher beschriebenen Ställchen gebracht und je zwei Stück derselben mit folgenden Nährstoffmischungen gefüttert:

Huhn I und II	Huhn III und IV	Huhn V und VI
50g Stärke	50g Stärke	50g Stärke
10 Eiweiss	5 Asparagin	10 Leim
10 Oel	5 Leim	10 Oel
2 Asche	10 Oel	2 Asche
	2 Asche	

Die Hühner wogen früh 8 Uhr:

Versuchstag	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
1	455,0	368,0	385,0	292,0	422,0	470,0
2	446,0	361,0	370,0	300,0	438,0	477,0
3	446,5	385,5	378,0	296,0	428,0	473,0
4	459,0	396,0	390,0	289,0	424,0	468,0

1) Im Organismus der Pflanzen soll nach neueren Beobachtungen bekanntlich unter gewissen Umständen eine Regeneration des Eiweisses aus Asparagin und Kohlehydraten stattfinden. (Vgl. z. B. Botanische Zeitung XXXVI Nr. 51 und Nr. 52.)

Versuchs-tag	I.	II.	III.	IV.	V.	VI.
5	478,0	423,0	384,0	295,0	431,0	446,5
6	454,0	405,0	366,0	275,0	428,0	444,0
7	447,0	392,0	372,0	284,0	417,0	447,0
8	465,0	374,0	377,5	276,0	409,0	421,0
9	453,0	360,0	357,0	277,0	404,0	418,0
10			346,0	277,0	391,0	415,0
11			349,0	256,0	381,0	389,0
12			321,0	253,0	368,0	386,0
13			337,0	254,0	363,0	383,0
14			319,0	253,0	352,0	372,0
15			324,0	254,0		
16			307,0	249,0		
17			317,0	238,0		

Sämmtliche Hühner erhielten von ihrem Futter soviel sie fressen wollten. Nr. I und II hatten in den ersten neun Versuchstagen zusammen 735g ihrer Nährstoffmischung consumirt, d. i. pro Tag 82g, enthaltend 57,0g Stärke, 11,4g Eiweiss, 11,4g Fett und 2,2g Asche. Da indess bei diesem Futterconsum keine Lebendgewichtszunahme eintrat, so stand zu erwarten, dass derselbe seiner Quantität nach unzureichend war. Beide Hühner erhielten daher von jetzt ab noch 20 Tage lang Kartoffeln und Gerstenkörner ad libitum (1 Theil Kartoffeltrockensubstanz auf 4 Theile Körner), wovon sie durchschnittlich pro Tag 100g Trockensubstanz frassen und dabei täglich 8,2 resp. 9,5g zunahmen.

Nr. III und IV hatten nach 17 Tagen zusammen 756g ihrer Futtermischung gefressen, d. i. pro Tag 47,0g, enthaltend 32,6g Stärke, 3,2g Asparagin, 3,2g Leim, 6,4g Fett und 1,6g Asche. In den ersten acht Tagen war das Lebendgewicht beider Thiere nahezu ebenso constant geblieben wie bei Nr. I und II, wogegen später bei Nr. III stärkere, bei Nr. IV geringere Gewichtsabnahme eintrat, die im Durchschnitt der ganzen Versuchsdauer 4,0 resp. 3,2g pro Tag betrug. Am 17. Versuchstage waren beide Hühner noch ganz munter; da sie indess offenbar von ihrem Futter ebenfalls nicht genügende Mengen aufnahmen, um eventuell eine Gewichtszunahme erfahren zu können, so wurde mit dem Versuche abgebrochen und

beiden Thieren analog Nr. I und II Kartoffeln und Gerste ad libitum gegeben, wovon sie täglich im Durchschnitt 87,6g consumirten und dabei 8,9 resp. 7,0g pro Tag zunahmen.

Nr. V und VI hatten nach 14 Tagen zusammen 560g ihrer Futtermischung gefressen, d. i. pro Tag 40g, enthaltend 27,8g Stärke, 5,6g Leim, 5,6g Fett und 1,0g Asche. Die Gewichtsabnahme war besonders bei Thier VI eine sehr starke und betrug im Durchschnitt 5,0 resp. 7,0g pro Tag. Schon nach den ersten Versuchstagen zeigten sich diese beiden Hühner weniger lebhaft als Nr. III und IV, und nach 14 Tagen waren sie so schwach, dass der Versuch abgebrochen werden musste. Auch diese Versuchsthiere erhielten von jetzt ab Kartoffeln und Gerste ad libitum, wovon sie täglich im Durchschnitt 110g frassen und dabei 15,0 resp. 13,5g pro Tag zunahmen.

Wennschon auch das Resultat dieser Versuchsreihe zu Gunsten der Asparaginfütterung zu sprechen schien, so war es doch in Folge ungenügender Aufnahme des vorgelegten Futters noch weniger entscheidend als das frühere.

Um daher zuverlässigere Belege für eine eventuelle Bedeutung des Asparagins beim thierischen Ernährungsprocesse zu erhalten, wurde jetzt eine Reihe von Fütterungsversuchen mit zwei normalen, ausgewachsenen Hammeln der Merino-Southdown-Rasse angestellt und hierbei der Plan verfolgt, beiden Versuchsthieren in der ersten Fütterungsperiode ein proteïnarmes Futter mit sehr weitem Nährstoffverhältniss (500g lufttrockenes Wiesenheu mit 200g lufttrockener Stärke und 50g lufttrockenem Zucker) zu verabreichen. Alsdann sollte den Hammeln in drei folgenden Perioden zu ihrem früheren Futter täglich so viel stickstoffhaltige Substanz zugelegt werden, dass die Menge des Stickstoffes gegenüber der ersten Periode verdoppelt war, während diejenige der stickstofffreien Nährstoffe dieselbe blieb. In der zweiten Periode erhielt Hammel I daher eine dem Eiweissgehalte des Wiesenheues entsprechende Quantität Stickstoff in Form von Asparagin, in der dritten Periode eine solche in Form von Leim und in der vierten Periode eine solche in Form von Eiweiss, so dass das Verhältniss des in der Futtermischung enthaltenen Stickstoffes zu den stickstofffreien Nährstoffen während der drei letzten

Perioden immer ungefähr das gleiche, aber doppelt so enge als in der ersten Periode war.

Hammel II wurde in ganz analoger Weise, jedoch in umgekehrter Reihenfolge gefüttert und bekam in der zweiten Periode die entsprechende Menge von Eiweiss, hierauf Leim und zuletzt Asparagin zu seinem ursprünglichen Futter.

Auf diese Weise liess sich unter gleichzeitiger Berücksichtigung der flüssigen und festen Ausscheidungen eines jeden Versuchsthieres der Effect feststellen, welchen eine bestimmte Menge Stickstoff, in den angegebenen verschiedenartigen Formen zu einem stickstoffarmen Futter verabreicht, in Bezug auf Stickstoff-Umsatz und Ansatz sowie auf etwaige Veränderung in der Verdaulichkeit des Futters hervorzubringen im Stande war.

Jedes der beiden Versuchsthiere befand sich in einem für derartige Zwecke construirten Zwangsstalle, dessen Einrichtungen dem Verstreuen des Futters vorbeugten und ein exactes Sammeln des Harns (mittelst Harntrichter von Gummi) und der Faeces (mittelst Kothbeutel) gestatteten. Sowohl Heu als auch Stärke und Zucker, letztere beiden Substanzen je nach Umständen mit Asparagin, Leim oder Eiweiss und etwas Wasser zu einer compacten, bröckeligen Masse vermengt, wurden den Hammeln gesondert verabreicht und von diesen stets vollständig, ohne Hinterlassung irgendwelcher Reste consumirt. Das Wiesenheu wurde zu Häcksel geschnitten und gleichmässig gemengt in genügender Menge für alle vier Fütterungsperioden vorräthig gehalten; dagegen befand sich das erforderliche Quantum von Stärke, Zucker, Asparagin, Leim und Eiweiss (Erbsenschrot) in gut verstöpselten Flaschen, um den einmal festgestellten Trockensubstanzgehalt dieser Substanzen unverändert zu erhalten. Vom Wiesenheu wurden während jeder Periode Trockensubstanzbestimmungen ausgeführt. Die tägliche Futterration erhielten die Thiere regelmässig in drei Rationen: Früh 8 Uhr, Mittags 12 Uhr und Abends 6 Uhr.

Alle Fütterungsperioden hindurch erhielt jedes Versuchsthier regelmässig 1000g Wasser pro Tag, die meist vollständig aufgenommen wurden. Tränkwasser ad libitum zu verabreichen, vermied man, um dadurch grösseren Unregelmässigkeiten in der Wasserconsumtion

und Harnproduction, die leicht störend auf den Stickstoffumsatz einwirken konnten, vorzubeugen.

Nach jedesmaliger Vorfütterung, die in der ersten Periode längere, in den folgenden Perioden kürzere Zeit dauerte und dann als beendet angesehen werden konnte, wenn die Stickstoffausscheidung im Harn constant geworden war, wurden von jedem Hammel 5 bis 6 Tage hinter einander die innerhalb 24 Stunden ausgeschiedenen Faeces quantitativ gesammelt, gewogen, Proben zur Trockensubstanzbestimmung genommen und von den in äquivalenten Mengen gemischten Quantitäten der einzelnen Versuchstage Bestimmungen des Gehaltes an Stickstoff[1]), Aetherextract, Rohfaser, Asche und Schwefel in gewohnter Weise ausgeführt. Desgleichen bestimmte man während dieser Zeit täglich den Schwefelgehalt des Harns[2]) und ausserdem während der ganzen Versuchsdauer das Lebendgewicht, die Wasserconsumtion und Harnproduction der beiden Versuchsthiere, sowie das specifische Gewicht und den Stickstoffgehalt des innerhalb 24 Stunden entleerten Harns. Zum Nachspülen der Harntrichter und Messgefässe dienten jedesmal 200^{ccm} destillirtes Wasser, welche nach der Volumbestimmung des Harns mit demselben vermengt wurden[3]).

Das während der vier Fütterungsperioden verabreichte Wiesenheu sowie das in Periode II und IV verfütterte Erbsenschrot hatte im wasserfreien Zustande folgende Zusammensetzung:

	Erbsenschrot	Wiesenheu
Stickstoffhaltige Substanz[4]) . . .	29,00 %	10,81 %
Aetherextract	2,27	3,96
Rohfaser[5])	6,38	29,41

1) Die Stickstoffbestimmungen des Leims wurden nach der Dumas'schen, diejenigen der Futtermittel, der Faeces und des Harns nach der Varrentrapp-Will'schen Methode ausgeführt.

2) Ein Zusatz von Soda und Salpeter, welcher sich bei Schwefelbestimmungen im Fleischfresser- nnd Menschenharn als nothwendig gezeigt hat, erwies sich bei dem stark alkalischen Pflanzenfresserharn als überflüssig.

3) Von diesem Gemenge, Harn + Spülwasser, wurden jedesmal eine bestimmte Anzahl Cubikcentimeter mittelst Bürette abgemessen, unter Salzsäurezusatz in Hofmeister'schen Glasschälchen zur Trockne eingedampft und dann zur Stickstoffbestimmung verwendet.

4) N × 6,25.

5) N und Asche-frei.

	Erbsenschrot	Wiesenheu
Stickstofffreie Extractstoffe . . .	59,41 %	47,41 %
Asche [1])	2,94	8,41
Schwefel	0,25	0,20

Das Asparagin bestand aus chemisch reinen Krystallen mit 12,00 % Wasser und 18,67 % Stickstoff. Der Leim enthielt im trockenen Zustande 18,00 % Stickstoff und 0,59 % Schwefel, im Tränkwasser fanden sich 0,440 ‰ Schwefelsäure = 0,176 ‰ Schwefel vor.

Periode I.

(Vom 23. Februar bis 11. März.)

Hammel I und II erhielten pro Tag und Stück 500g lufttr. Wiesenheu, 200g lufttr. Stärke und 50g lufttr. Zucker. An den letzten fünf Tagen wurden auch die Faeces der Versuchsthiere quantitativ gesammelt.

Die während dieser Periode für Lebendgewicht, Wasserconsum, Harnproduction, spec. Gewicht, N und S des Harns gewonnenen Zahlen sind in nachstehenden Tabellen zusammengestellt.

Hammel I.

Datum	Lebendgewicht Pfd.	Wasserconsum g	Harn				
			Menge g	Menge ccm	spec. Gewicht	N g	S g
23. Febr.	116,0	670	485,0	460,5	1,0545	5,214	
24. „	115,0	960	465,5	443,0	1,0508	4,662	
25. „	114,0	980	626,0	608,0	1,0296	3,691	
26. „	113,5	970	793,5	771,0	1,0292	4,038	
27. „	112,5	970	695,0	677,0	1,0265	3,640	
28. „	112,5	900	762,0	743,0	1,0256	3,363	
1. März	112,0	600	588,0	570,0	1,0316	3,392	
2. „	110,5	540	818,5	798,0	1,0257	3,257	
3. „	110,0	630	365,0	348,0	1,0488	2,990	
4. „	109,5	750	359,5	331,0	1,0861	3,440	
5. „	109,5	1000	347,0	330,0	1,0515	3,279	
6. „	110,0	1000	352,5	335,0	1,0522	3,310	
7. „	109,0	930	335,0	318,0	1,0534	3,199	0,354
8. „	110,0	1000	342,5	324,5	1,0555	3,313	0,358
9. „	109,5	1000	385,0	367,5	1,0476	3,346	0,419
10. „	109,5	990	463,5	446,0	1,0392	3,297	0,422
11. „	109,5	1000	407,0	391,0	1,0409	3,218	0,446
Mittel vom 7. bis 11.	—	984	—	369	—	3,275	0,400

1) C und CO_2-frei.

Hammel II.

Datum	Lebend-gewicht Pfd.	Wasser-consum g	Harn					
			Menge g	Menge ccm	spec. Gewicht	N g	S g
23. Febr.	125,5	620	580	556	1,0432	4,710	
24. „	122,5	990	725	702	1,0328	5,765	
25. „	121,5	950	805	786	1,0242	4,810	
26. „	120,5	840	401	380	1,0553	4,231	
27. „	120,0	790	517	500	1,0340	4,275	
28. „	119,5	940	746	729	1,0233	3,971	
1. März	119,0	900	545	528	1,0322	3,699	
2. „	119,5	710	424	405	1,0469	3,314	
3. „	119,0	780	299	284	1,0528	3,407	
4. „	119,0	750	304	283	1,0742	3,103	
5. „	119,0	1000	343	328	1,0457	3,305	
6. „	119,0	890	342	328	1,0427	2,978	
7. „	119,0	940	404	387	1,0440	3,092	0,441
8. „	118,5	950	594	574	1,0348	3,355	0,463
9. „	118,0	1000	543	524	1,0363	3,611	0,499
10. „	118,0	900	516	496	1,0403	3,303	0,454
11. „	118,0	960	617	600	1,0283	3,580	0,430
Mittel vom 7. bis 11.	—	950	—	516	—	3,388	0,457

Vom 7. bis 11. März hatten die Versuchsthiere folgende Faecesmengen ausgeschieden:

Datum	Hammel I.			Hammel II.		
	frisch	luft-trocken	trocken	frisch	luft-trocken	trocken
7. März	341,0 g	176,91 g	162,48 g	326,5 g	163,61 g	150,68 g
8. „	330,0	168,50	154,68	612,5	208,43	191,60
9. „	376,0	192,62	177,20	332,0	161,72	148,59
10. „	349,5	186,49	171,49	368,0	173,40	160,50
11. „	367,5	191,43	176,71	436,5	205,72	189,51
Summa	1764,0	915,95	842,56	2075,5	912,88	841,38
pro Tag	352,8	183,19	168,51	415,1	182,58	168,28

Diese Faeces hatten im wasserfreien Zustande folgende Zusammensetzung:

	Hammel I.	Hammel II.
Stickstoffhaltige Substanz	13,87 %	13,50 %
Aetherextract	4,04	4,18
Rohfaser	28,30	28,26
Stickstofffreie Extractstoffe . . .	41,03	40,96
Asche	12,76	13,10
Schwefel	0,34	0,32

Demnach berechnet sich auf Grund obiger Zahlen die Aufnahme und Ausgabe beider Hammel folgendermassen:

Hammel I.

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	N haltige Substanz	Aether-extract	Rohfaser	N freie Extract-stoffe	Asche
500 g lufttr. Wiesenheu . . .	421,70 g	386,23 g	45,58 g	16,70 g	124,02 g	199,93 g	35,47 g
250 g lufttr. Zucker und Stärke . . .	205,25	205,25	—	—	—	205,25	—
Summa	626,95	591,48	45,58	16,70	124,02	405,18	35,47
Faeces	168,51	147,01	23,37	6,81	47,69	69,14	21,50
Verdaut	458,44	444,47	22,21	9,89	76,33	336,04	13,97
„	73,12 %	75,14 %	48,73 %	59,22 %	61,55 %	82,93 %	39,39 %

Hammel II.

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	N haltige Substanz	Aether-extract	Rohfaser	N freie Extract-stoffe	Asche
Summa der Aufnahme . . .	626,95 g	591,48 g	45,58 g	16,70 g	124,02 g	405,18 g	35,47 g
Faeces	168,28	146,24	22,72	7,03	47,56	68,93	22,04
Verdaut	458,67	445,24	22,86	9,67	76,46	336,25	13,43
„	73,16 %	75,27 %	50,15 %	58,00 %	61,66 %	82,98 %	37,87 %

Das Futter wurde also von beiden Versuchsthieren nahezu gleich verdaut. Nimmt man die verfütterte Stärke und den Zucker als vollständig verdaulich an, so berechnet sich, dass vom Wiesenheu zur Verdauung gelangten:

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	N haltige Substanz	Aether-extract	Roh-faser	N freier Extract	Asche
Hammel I .	60,04 %	61,94 %	48,73 %	59,22 %	61,55 %	65,42 %	39,39 %
Hammel II .	60,10	62,14	50,15	58,00	61,66	65,52	37,87
Mittel	60,07	62,04	49,44	58,61	61,61	65,47	38,63

Schliesslich berechnen sich für Stickstoff- resp. Schwefel-Aufnahme und Ausgabe nachstehende Werthe:

Tägliche Aufnahme und Ausgabe	Hammel I.		Hammel II.	
	N	S	N	S
Aufgenommen im Futter und Tränke	7,293 g	1,016	7,293 g	1,010 g
Ausgeschieden in den Faeces . . .	3,739	0,573	3,635	0,538
Ausgeschieden im Harn	3,275	0,400	3,388	0,457
Angesetzt als Fleisch oder Wolle .	+ 0,279	+ 0,043	+ 0,270	+ 0,015
Verhältniss des angesetzten N : S =	1 :	0,154	1 :	0,056

Es hatte demnach bei obiger Fütterungsweise nur ein ganz geringer N- und S-Ansatz stattgefunden.

Periode II.

(Vom 12. bis 21. resp. 22. März.)

Hammel I erhält 500 g lufttr. Wiesenheu, 200 g lufttr. Stärke, 50 g lufttr. Zucker und 42 g Asparagin[1]); Hammel II dagegen 500 g lufttr. Wiesenheu, 250 g lufttr. Erbsenschrot, 80 g lufttr. Stärke und 20 g lufttr. Zucker. Vom 18. bis 21. März wurden bei Nr. I, vom 18. bis 22. März bei Nr. II gleichzeitig auch die Faeces gesammelt.

Zunächst finden sich in nachstehender Tabelle wieder die für Lebendgewicht, Wasserconsum, Harnproduction, spec. Gewicht, N und S des Harns gefundenen Zahlen zusammengestellt.

1) Am 12. März hatte Hammel I nur 21 g Asparagin erhalten.

Hammel I.

Datum	Lebendgewicht Pfd.	Wasserconsum g	Harn Menge g	Harn Menge ccm	Harn spec. Gewicht	Harn N g	Harn S g
12. März	109,0	1000	480,5	460	1,0446	4,947	
13. „	109,5	1000	587,0	562	1,0435	8,618	
14. „	110,0	940	509,5	485	1,0505	9,784	
15. „	110,0	1000	452,0	432	1,0462	9,908	
16. „	110,0	980	461,5	439	1,0512	9,880	
17. „	110,0	990	423,0	403	1,0496	9,894	
18. „	110,0	1000	433,5	411	1,0534	9,988	0,354
19. „	110,0	1000	493,0	472	1,0444	9,984	0,349
20. „	110,0	960	452,0	432	1,0462	9,970	0,349
21. „	110,0	1000	419,0	400	1,0475	9,890	0,347
Mittel vom 18. bis 21.	—	990	—	429	—	9,958	0,350

Hammel II.

Datum	Lebendgewicht Pfd.	Wasserconsum g	Harn Menge g	Harn Menge ccm	Harn spec. Gewicht	Harn N g	Harn S g
12. März	118,0	950	635,0	614	1,0342	4,857	
13. „	117,0	970	821,0	798	1,0290	6,215	
14. „	116,5	790	534,5	503	1,0626	9,438	
15. „	116,5	960	489,0	463	1,0561	10,132	
16. „	116,0	890	446,0	419	1,0644	10,642	
17. „	116,0	1000	421,0	397	1,0604	10,820	
18. „	116,5	1000	421,5	395	1,0670	11,037	0,769
19. „	116,0	1000	411,0	388	1,0592	11,368	0,767
20. „	116,0	1000	431,0	405	1,0642	10,928	0,769
21. „	116,0	1000	394,5	371	1,0633	10,350	0,755
22. „	116,0	1000	417,5	392	1,0650	11,811	0,769
Mittel vom 18. bis 22.	—	1000	—	390	—	11,099	0,766

Aus obigen Tabellen ist ersichtlich, dass der N-Gehalt des Harns bei beiden Versuchsthieren eine sehr bedeutende Steigerung erfahren hat, die nach Asparaginbeigabe sehr schnell, nach Eiweissfütterung aber langsam eingetreten ist, in beiden Fällen indess nicht ganz dem N-Gehalte des verabreichten Asparagins resp. Eiweisses entspricht. Der S-Gehalt des Harns hat sich bei Nr. I nicht vermehrt, woraus hervorgeht, dass das Asparagin keine dem Kochsalz ähnliche, den Eiweisszerfall steigernde Wirkung besitzt. Bei Nr. II ist der S-Gehalt des Harns dagegen beträchtlich höher als in Periode I. Asparagin konnte bei Hammel I weder in den Faeces noch im Harn nachgewiesen werden, war also jedenfalls vollständig resorbirt und, wie bereits v. Knieriem gezeigt hat, in Harnstoff übergeführt.

Vom 18. bis 21. resp. 22. März hatten die beiden Versuchsthiere nachstehende Faecesmengen entleert:

Datum	Hammel I.			Hammel II.		
	frisch	luft-trocken	trocken	frisch	luft-trocken	trocken
18. März	306,5 g	164,20 g	151,77 g	385,0 g	186,15 g	171,02 g
19. „	378,0	195,77	180,47	365,0	183,38	168,23
20. „	348,0	188,02	172,96	437,5	207,37	192,00
21. „	333,5	179,32	165,50	317,5	144,37	133,10
22. „	—	—	—	443,5	211,06	194,91
Summa	1366,0	727,31	670,70	1948,5	932,33	859,26
pro Tag	341,5	181,83	167,70	389,7	186,47	171,85

Diese Faeces enthielten im trockenen Zustande:

	Hammel I	Hammel II
Stickstoffhaltige Substanz	14,00 %	13,75 %
Aetherextract	4,02	4,29
Rohfaser	28,16	26,77
Stickstofffreie Extractstoffe . . .	41,12	41,34
Asche	12,70	13,85
Schwefel	0,30	0,37

Die Gesammt-Aufnahme und Ausgabe der beiden Versuchsthiere gestaltet sich demnach in dieser Periode wie folgt:

Hammel I.

	Trocken-substanz	Organ. Sub-stanz	N haltige Sub-stanz	Aether-extract	Roh-faser	N freier Extract	Asche
500 g lufttr. Wiesenheu . . .	419,40 g	384,13 g	45,34 g	16,61 g	123,35 g	198,83 g	35,27 g
250 g lufttr. Zucker und Stärke . .	205,25	205,25	—	—	—	205,25	—
42 g lfttr. Asparagin	36,96	36,96	49,00 [1])	—	—	—	—
Summa	661,61	626,34	94,34	16,61	123,35	404,08	35,27
Faeces	167,70	146,40	23,48	6,74	47,22	68,96	21,30
Verdaut	493,91	479,94	70,86	9,87	76,13	335,12	13,97
„	74,67 %	76,62 %	75,11 %	59,42 %	61,72 %	82,93 %	39,63 %

Hammel II.

	Trocken-substanz	Organ. Sub-stanz	N haltige Sub-stanz	Aether-extract	Roh-faser	N freier Extract	Asche
500 g lufttr. Wiesenheu . . .	419,40 g	384,13 g	45,34 g	16,61 g	123,35	198,83 g	35,27 g
250 g lufttr. Erbsenschrot	213,20	206,93	61,83	4,84	13,60	126,66	6,27
105 g lufttr. Zucker und Stärke . .	82,10	82,10	—	—	—	82,10	—
Summa	714,70	673,16	107,17	21,45	136,95	407,59	41,54
Faeces	171,85	148,05	23,63	7,37	46,01	71,04	23,80
Verdaut	542,85	525,11	83,54	14,08	90,94	336,55	17,74
„	75,96 %	78,01 %	77,95 %	65,64 %	65,65 %	82,57 %	42,70 %

Nehmen wir Asparagin und Erbsenschrot ebenso wie früher Stärke und Zucker als vollständig verdaulich an, was beim Asparagin zweifellos zutrifft und für Erbsenschrot insofern sehr wahrscheinlich ist, als die täglich ausgeschiedene Menge der Faeces und ihrer einzelnen Bestandtheile fast genau mit derjenigen übereinstimmt, welche bei Fütterung mit Wiesenheu, Stärke und Zucker ohne

1) Der Gleichmässigkeit wegen ist der N-Gehalt des Asparagins (7,84 g) ebenso wie bei allen anderen Substanzen mit 6,25 multiplicirt und als „stickstoffhaltige Substanz“ in Rechnung gebracht.

Erbsenschrot (Periode I) entleert wurde, so berechnet sich, dass in dieser Periode vom Wiesenheu zur Verdauung gelangten:

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	N haltige Substanz	Aether-extract	Rohfaser	N freier Extract	Asche
Hammel I .	60,01 %	61,90 %	48,22 %	59,42 %	61,72 %	65,32 %	39,63 %
Hammel II .	59,03	61,45	47,88	55,62	62,70	64,27	32,52

Obige Verdauungscoëfficienten für Wiesenheu stimmen nicht nur unter einander, sondern auch mit den in Periode I berechneten gut überein.

Die Gesammt-Aufnahme und Ausgabe von Stickstoff und Schwefel gestaltet sich folgendermassen:

Tägliche Aufnahme und Ausgabe	Hammel I.		Hammel II.	
	N	S	N	S
Aufgenommen im Futter und Tränke	15,095 g	1,013 g	17,307 g	1,548 g
Ausgeschieden in den Faeces . . .	3,757	0,503	3,781	0,636
Ausgeschieden im Harn	9,958	0,350	11,099	0,766
Angesetzt als Fleisch oder Wolle .	+ 1,380	+ 0,160	+ 2,427	+ 0,146
Verhältniss des angesetzten N : S =	1 :	0,116	1 :	0,060

Obige Zahlen verglichen mit den entsprechenden der I. Periode zeigen uns deutlich, dass in Folge der Asparaginbeigabe zu der eiweissarmen, aber stärkemehlreichen Futtermischung bei Hammel I ein wesentlich stärkerer Eiweissansatz im Körper hervorgerufen worden ist. Dasselbe Resultat, nur in noch höherem Maasse, bewirkte bei Hammel II die Beigabe von Eiweiss, wobei jedoch nicht unberücksichtigt bleiben darf, dass Hammel I in dem täglich verabreichten Asparagin nur 7,84 g N, Hammel II dagegen in seinem Erbsenschroteiweiss 9,89 g N pro Tag aufnahm.

Periode III.

(Vom 22. resp. 23. März bis zum 31. März resp. 1. April.)

Beide Versuchsthiere erhalten 500 g Wiesenheu, 200 g Stärke, 50 g Zucker und 53 g Leim in lufttrockenem Zustande. Vom 27. bis 31. März wurden bei Hammel I, vom 27. März bis 1. April bei Hammel II die Faeces gesammelt.

Die in dieser Periode für Lebendgewicht, Aufnahme von Wasser, Harnausscheidung, specifisches Gewicht, N- und S-Gehalt des Harns gewonnenen Zahlen waren folgende:

Hammel I.

Datum	Lebend-gewicht Pfd.	Wasser-consum g	Harn Menge g	Harn Menge ccm	Harn spec. Gewicht	Harn N g	Harn S g
22. März	110,0	1000	426,5	405	1,0541	8,971	
23. „	110,5	1000	464,0	443	1,0474	9,625	
24. „	111,0	1000	489,5	468	1,0459	8,694	
25. „	110,5	1000	482,0	460	1,0478	9,319	
26. „	110,0	1000	457,5	434	1,0541	9,055	
27. „	111,0	1000	452,0	430	1,0512	8,450	0,506
28. „	111,0	1000	431,5	405	1,0641	8,386	0,505
29. „	111,0	1000	412,0	391	1,0537	8,696	0,482
30. „	112,0	1000	386,5	365	1,0590	8,779	0,441
31. „	110,0	1000	443,0	419	1,0570	9,129	0,642
Mittel vom 27. bis 31.	—	1000	—	402	—	8,688	0,515

Hammel II.

Datum	Lebend-gewicht Pfd.	Wasser-consum g	Harn Menge g	Harn Menge ccm	Harn spec. Gewicht	Harn N g	Harn S g
23. März	116,5	1000	382	363	1,0625	10,837	
24. „	117,0	1000	364	343	1,0612	9,032	
25. „	117,0	1000	348	331	1,0513	9,485	
26. „	117,0	1000	364	340	1,0706	—	
27. „	118,0	1000	393	369	1,0650	9,447	—
28. „	118,0	1000	372	348	1,0690	10,401	0,524
29. „	117,5	1000	374	354	1,0560	10,220	0,567
30. „	117,0	1000	372	350	1,0630	9,306	0,619
31. „	116,5	1000	408	386	1,0570	10,145	0,727
1. April	117,5	1000	391	368	1,0625	10,156	0,712
Mittel vom 27. bis 1.	—	1000	—	363	—	9,946	0,630

Trotzdem beide Versuchsthiere ganz gleich gefüttert wurden, war der N- und S-Gehalt des Harns bei Nr. II etwas grösser als bei Nr. I. Der S-Gehalt des Harns ist in Folge der Leimfütterung bei beiden Thieren höher als in Periode I.

Vom 27. bis 31. März resp. 1. April waren folgende Faecesmengen entleert worden:

Datum	Hammel I.			Hammel II.		
	frisch	luft-trocken	trocken	frisch	luft-trocken	trocken
27. März	365,0 g	198,41 g	184,16 g	419,0 g	201,79 g	186,48 g
28. "	396,0	206,83	191,16	435,0	205,88	190,68
29. "	391,5	209,84	194,15	490,0	229,07	211,34
30. "	414,0	220,74	204,24	421,5	198,61	183,92
31. "	323,0	179,20	165,90	375,0	181,01	167,06
1. April	—	—	—	404,0	196,30	181,52
Summa	1889,5	1015,02	939,61	2539,5	1212,66	1121,00
pro Tag	377,9	253,75	187,92	423,3	202,11	186,83

Auf wasserfreie Substanz berechnet enthielten diese Faeces:

	Hammel I	Hammel II
Stickstoffhaltige Substanz	15,12 %	15,37 %
Aetherextract	3,93	4,15
Rohfaser	26,60	27,12
N freie Extractstoffe	41,36	40,27
Asche	12,99	13,09
Schwefel	0,35	0,36

Auf Grund obiger Zahlen berechnet sich demnach die tägliche Gesammt-Aufnahme und Ausgabe der beiden Versuchsthiere folgendermassen:

Hammel I.

	Trocken-substanz	Organ. Sub-stanz	N haltige Sub-stanz	Aether-extract	Roh-faser	N freier Extract	Asche
500 g lufttr. Wiesenheu . . .	419,40 g	384,13 g	45,34 g	16,61 g	123,35 g	198,83 g	35,27 g
250 g lufttr. Stärke und Zucker .	205,25	205,25	—	—	—	205,25	—
53 g lufttr. Leim	44,24	44,24	49,75 [1])	—	—	—	—
Summa	668,89	633,62	95,09	16,61	123,35	404,08	35,27
Faeces	187,92	163,51	28,41	7,38	49,99	77,73	24,41
Verdaut	480,97	470,11	66,68	9,23	73,36	326,35	10,86
"	71,91 %	74,20 %	70,12 %	55,57 %	59,47 %	80,76 %	30,79 %

1) Der N-Gehalt des Leims (7,96 g) ist hier aus denselben Gründen wie derjenige des Asparagins mit 6,25 multiplicirt.

Hammel II.

	Trocken-substanz	Organ. Sub-stanz	N haltige Sub-stanz	Aether-extract	Roh-faser	N freier Extract	Asche
Summa der Aufnahme . . .	668,89 g	633,62 g	95,09 g	16,61 g	123,35 g	404,08 g	35,27 g
Faeces	186,83	162,37	28,71	7,75	50,67	75,24	24,46
Verdaut	482,06	471,25	66,38	8,86	72,68	328,84	10,81
„	72,07%	74,38%	69,81%	53,34%	59,00%	31,38%	30,65%

Die Verdauungscoëfficienten sind in dieser Periode, wie aus obigen Zahlen hervorgeht, durchweg niedriger als diejenigen der beiden vorhergehenden. Nehmen wir Stärke, Zucker und Leim wieder als vollständig verdaulich an, so berechnet sich, dass diesmal vom Heu verdaut wurden:

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	N haltige Substanz	Aether-extract	Roh-faser	N freier Extract	Asche
Hammel I .	55,20%	57,43%	37,34%	55,57%	59,47%	60,91%	30,79%
Hammel II .	55,98	57,73	36,68	53,34	59,00	62,16	30,65

Diese Verdauungscoëfficienten für Wiesenheu stimmen zwar unter einander überein, sind indess zum Theil nicht unwesentlich niedriger als die in Periode I und II gefundenen. Es scheint daher, als ob die Beigabe von Leim diese geringere Ausnützung des Futters bewirkt hatte. Trotzdem hat, wie aus den nachstehenden Zahlen für durchschnittliche, tägliche N- und S-Aufnahme und Ausgabe ersichtlich ist, in Folge der Leimbeigabe besonders bei Hammel I ein nicht unbedeutender Eiweissansatz stattgefunden.

Tägliche Aufnahme und Ausgabe	Hammel I.		Hammel II.	
	N	S	N	S
Aufgenommen im Futter und Tränke	15,22 g	1,276 g	15,22 g	1,276 g
Ausgeschieden in den Faeces . . .	4,55	0,658	4,59	0,673
Ausgeschieden im Harn	8,69	0,515	9,95	0,630
Angesetzt als Fleisch oder Wolle .	+ 1,98	+ 0,103	+ 0,68	— 0,027

Periode IV.

(Vom 1. resp. 2. bis 11. resp. 13. April.)

Hammel I erhält 500 g Wiesenheu, 200 g Erbsenschrot, 115 g Stärke und 15 g Zucker; Hammel II dagegen 500 g Wiesenheu, 200 g Stärke, 50 g Zucker und 53 g Asparagin pro Tag im lufttrockenen Zustande. Vom 7. bis 11. April wurden bei Nr. I, vom 8. bis 13. April bei Nr. II die Darmentleerungen gesammelt.

Das täglich beobachtete Lebendgewicht der Thiere, deren Wasserconsum und Harnproduction etc. finden sich in nachstehenden Tabellen verzeichnet.

Hammel I.

Datum	Lebendgewicht	Wasserconsum	Harn				
			Menge		spec. Gewicht	N	S
	Pfd.	g	g	ccm		g	g
1. April	109,5	1000	423,5	400	1,0587	8,152	
2. „	109,0	1000	404,0	380	1,0632	8,745	
3. „	109,0	1000	435,5	411	1,0596	9,451	
4. „	109,0	1000	416,0	393	1,0585	9,227	
5. „	109,0	1000	403,5	382	1,0562	9,353	
6. „	108,0	1000	423,0	399	1,0600	9,435	
7. „	108,0	1000	423,5	399	1,0614	10,604	0,602
8. „	108,0	1000	394,0	372	1,0591	10,207	0,666
9. „	108,0	1000	397,5	375	1,0600	9,241	0,655
10. „	108,0	1000	370,0	348	1,0632	9,293	0,576
11. „	108,0	1000	376,0	355	1,0591	9,293	0,607
Mittel vom 10. bis 11.	—	1000	—	370	—	9,730	0,621

Hammel II.

Datum	Lebendgewicht	Wasserconsum	Harn				
			Menge		spec. Gewicht	N	S
	Pfd.	g	g	ccm		g	g
2. April	117,5	1000	404,0	382	1,0576	11,996	
3. „	117,0	1000	430,0	406	1,0591	11,910	
4. „	117,0	1000	414,0	392	1,0561	12,160	
5. „	117,5	1000	399,0	375	1,0640	12,647	
6. „	117,5	1000	370,0	350	1,0570	12,058	
7. „	117,5	1000	416,0	393	1,0585	11,403	

Hammel II.

Datum	Lebendgewicht Pfd.	Wasserconsum g	Harn Menge g	Harn Menge ccm	Harn spec. Gewicht	Harn N g	Harn S g
8. April	117,5	1000	402,0	382	1,0523	12,182	0,445
9. „	117,5	1000	394,0	371	1,0619	11,628	0,439
10. „	117,5	1000	401,0	380	1,0552	10,700	—
11. „	117,5	1000	372,0	351	1,0598	10,614	0,459
12. „	117,5	1000	400,5	380	1,0539	11,235	0,495
13. „	117,5	1000	409,5	390	1,0500	12,621	0,459
Mittel vom 8. bis 13.	—	1000	—	376	—	11,497	0,459

Beide Versuchsthiere haben in dieser Periode genau dieselbe Stickstoffmenge im Beifutter erhalten wir in Periode II, jedoch mit dem Unterschied, dass diesmal Hammel I seine N-Beigabe in Form von Erbsenschrot und Hammel II die seinige in Form von Asparagin aufnahm. Dem entsprechend verhalten sich die N- und S-Ausscheidungen der Thiere. Der S-Gehalt des Harns bei Hammel II entspricht genau demjenigen der I. Periode bei demselben Thiere.

Die Mengen des ausgeschiedenen Darmkothes waren folgende:

Hammel I. Datum	frisch	luft-trocken	trocken	Hammel II. Datum	frisch	luft-trocken	trocken
7. April	296,0 g	169,96 g	156,18 g	8. April	331,0 g	172,55 g	158,82 g
8. „	338,0	192,90	176,90	9. „	330,5	164,29	151,75
9. „	383,5	221,32	203,64	10. „	—	—	—
10. „	308,0	180,39	166,82	11. „	345,5	210,50	194,27
11. „	347,0	197,93	183,45	12. „	384,2	190,37	175,68
				13. „	328,0	171,05	151,58
Summa	1672,5	962,50	886,99	Summa	1709,2	908,76	832,10
pro Tag	334,5	192,50	177,40	pro Tag	341,8	181,75	166,42

Obige Faeces enthielten im trockenen Zustande:

Stickstoffhaltige Substanz	14,00 %	14,69 %
Aetherextract	4,29	4,39
Rohfaser	27,71	28,56
N freie Extractstoffe	40,81	39,02
Asche	13,19	13,34
Schwefel	0,36	0,31

Demnach berechnet sich jetzt die tägliche Aufnahme und Ausgabe der Thiere wie folgt:

Hammel I.

	Trocken-substanz	Organ. Sub-stanz	N-haltige Sub-stanz	Aether-extract	Roh-faser	N freier Extract	Asche
500 g lufttr. Wiesenheu . . .	431,20 g	394,94 g	46,61 g	17,08 g	126,81 g	204,44 g	36,26 g
200 g lufttr. Erbsenschrot . . .	170,56	165,54	49,46	3,87	10,88	101,33	5,02
145 g lufttr. Stärke und Zucker .	119,27	119,27	—	—	—	119,27	—
Summa	721,03	679,75	96,07	20,95	137,69	425,04	41,28
Fäces	177,40	154,00	24,83	7,61	49,16	72,40	23,40
Verdaut	543,63	525,75	71,24	13,34	88,53	352,64	17,88
„	75,40 %	77,34 %	74,15 %	63,68 %	64,30 %	82,80 %	43,31 %

Hammel II.

	Trocken-substanz	Organ. Sub-stanz	N-haltige Sub-stanz	Aether-extract	Roh-faser	N freier Extract	Asche
500 g lufttr. Wiesenheu . . .	431,20 g	394,94 g	46,61 g	17,08 g	126,81 g	204,44 g	36,26 g
250 g lufttr. Stärke und Zucker .	205,25	205,25	—	—	—	205,25	—
53 g lfttr. Asparagin	46,64	46,64	61,87	—	—	—	—
Summa	683,09	646,83	108,48	17,08	126,81	409,69	36,26
Fäces	166,42	144,23	24,45	7,31	47,53	64,94	22,19
Verdaut	516,67	502,60	84,03	9,77	79,28	344,75	14,07
„	75,63 %	77,70 %	77,46 %	57,20 %	62,52 %	84,15 %	38,80 %

Die Verdauungscoëfficienten dieser Periode, verglichen mit den analogen der II. Periode, zeigen der Hauptsache nach eine nahe Uebereinstimmung. Die Ausnützung des Wiesenheues würde sich unter den früheren Voraussetzungen wie folgt berechnen:

	Trocken-substanz	Organ. Substanz	N haltige Substanz	Aether-extract	Roh-faser	N freier Extract	Asche
Hammel I .	58,86 %	61,00 %	46,73 %	55,43 %	61,23 %	64,59 %	35,47 %
Hammel II .	61,41	63,48	47,54	57,20	62,52	68,28	38,80

Die um Weniges höheren Werthe bei Hammel II dürften am einfachsten darin ihre Erklärung finden, dass das Erbsenschrot zwar nahezu vollständig, aber doch nicht absolut verdaulich war, wie bei obiger Berechnung angenommen wurde.

Die Gesammt-Aufnahme und Abgabe von N und S gestaltet sich folgendermassen:

Tägliche Aufnahme und Abgabe	Hammel I.		Hammel II.	
	N	S	N	S
Aufgenommen in Futter und Tränke	15,371 g	1,465 g	17,357 g	1,039 g
Ausgeschieden in den Faeces . . .	3,973	0,639	3,912	0,516
Ausgeschieden im Harn	9,730	0,621	11,497	0,459
Angesetzt als Fleisch und Wolle .	+ 1,668	+ 0,205	+ 1,948	+ 0,064
Verhältniss des angesetzten N : S =	1 :	0,123	1 :	0,033

Auch diesmal hat bei Hammel II in Folge von Asparaginbeigabe zu einem stickstoffarmen Futter (ebenso wie in Periode II bei Hammel I) vermehrter N-Ansatz stattgefunden. Auch der S-Ansatz ist gegenüber demjenigen in Periode I um das vierfache erhöht. Das Gleiche war bei Hammel I in Periode II gegenüber Periode I der Fall.

Vorstehende Versuche ergeben demnach, dass das Asparagin für die thierische Ernährung eine bestimmte Bedeutung hat und ebenso wie z. B. der Leim ein Nahrungsstoff ist, der eiweissersparend zu wirken und dadurch bei eiweissarmer Fütterung Eiweissansatz herbeizuführen vermag.

Analytische Belege.

A. Futterstoffe.

1. N-Bestimmungen. 1 ccm Natronlauge = 0,0037293 g N.

Erbsenschrot. 0,5594 g tr. Subst. = 7,00 ccm Natronlauge = 0,026105 g N = 4,67 %
0,5501 „ „ = 6,80 ccm Natronlauge = 0,025359 g N = 4,61
0,5087 „ „ = 0,3757 g $PtCl_4 2(NH_4Cl)$ = 0,023560 g N = 4,63
Mittel: 4,64 %

Wiesenheu. 0,7952 g tr. Subst. = 3,80 ccm Natronlauge = 0,014171 g N = 1,78 % }
0,8210 „ „ = 3,70 ccm Natronlauge = 0,013798 g N = 1,68 } 1,73 %

Leim. 0,2924 „ „ = 0,0523985 g N bei 0° und 760 B. = 17,92 }
0,2946 „ „ = 0,0532612 g N bei 0° und 760 B. 18,08 } 18,00

2. S-Bestimmungen.

Erbsenschrot. 3,0202 g tr. Subst. = 0,0543 g $BaSO_4$ = 0,00745756 g S = 0,25 }
3,1097 „ „ = 0,0570 g $BaSO_4$ = 0,00782837 g S = 0,25 } 0,25

Wiesenheu. 3,2837 „ „ = 0,0427 g $BaSO_4$ = 0,0058644 g S = 0,18 }
3,3416 „ „ = 0,0540 g $BaSO_4$ = 0,00741636 g S = 0,22 } 0,20

Leim. 3,0796 „ „ = 0,1318 g $BaSO_4$ = 0,0181014 g S = 0,59 }
4,7702 „ „ = 0,2005 g $BaSO_4$ = 0,0275367 g S = 0,58 } 0,59

3. Aetherextractbestimmungen.

Erbsenschrot. 2,5812 g tr. Subst. = 0,0615 g Extractstoffe = 2,38 }
2,6019 „ „ = 0,0565 „ = 2,17 } 2,27

Wiesenheu. 3,6234 „ „ = 0,1445 „ = 3,99 }
3,5910 „ „ = 0,1410 „ = 3,93 } 3,96

4. Rohfaserbestimmungen.

Erbsenschrot. 4,2691 g tr. Subst. = 0,2725 g N- und aschefreie Rohfaser = 6,38 }
4,2738 „ „ = 0,2705 g N- und aschefreie Rohfaser = 6,33 }
4,2725 „ „ = 0,2753 g N- und aschefreie Rohfaser = 6,44 } 6,38

Wiesenheu. 3,3177 „ „ = 0,9721 g N- und aschefreie Rohfaser = 29,30 }
3,3117 „ „ = 0,9716 g N- und aschefreie Rohfaser = 29,34 }
3,3051 „ „ = 0,9821 g N- und aschefreie Rohfaser = 29,71 }
3,3523 „ „ = 0,9806 g N- und aschefreie Rohfaser = 29,25 }
3,3215 „ „ = 0,9782 g N- und aschefreie Rohfaser = 29,45 } 29,41

5. Aschebestimmungen.

Erbsenschrot. 2,7652 g tr. Subst. = 0,0790 g Reinasche = 2,86 }
2,7251 „ „ = 0,0826 „ = 3,03 } 2,94

					Mittel
Wiesenheu.	2,8404 g tr. Subst.	= 0,2385 g Reinasche		= 8,40 %	8,41 %
	2,8764 „ „	= 0,2425 „		= 8,43	

B. Faeces.

1. N-Bestimmungen. 1 ccm Natronlauge = 0,00354767 g N.

Per.	Thier	tr. Subst.	Natronlauge	N	%	Mittel
Per. I.	Thier I.	0,8940 g tr. Subst.	= 5,70 ccm Natronlauge	= 0,020222 g N	= 2,26	2,22
		0,8773 „ „	= 5,40 ccm Natronlauge	= 0,019158 g N	= 2,18	
	Thier II.	0,8603 „ „	= 5,15 ccm Natronlauge	= 0,018271 g N	= 2,12	2,16
		0,8177 „ „	= 5,05 ccm Natronlauge	= 0,017916 g N	= 2,19	
Per. II.	Thier I.	0,8753 „ „	= 5,50 ccm Natronlauge	= 0,019512 g N	= 2,23	2,24
		0,9034 „ „	= 5,70 ccm Natronlauge	= 0,020222 g N	= 2,24	
	Thier II.	0,8389 „ „	= 5,25 ccm Natronlauge	= 0,018652 g N	= 2,22	2,20
		0,9355 „ „	= 5,75 ccm Natronlauge	= 0,020399 g N	= 2,18	
Per. III.	Thier I.	0,8476 „ „	= 5,75 ccm Natronlauge	= 0,020399 g N	= 2,41	2,42
		0,8499 „ „	= 5,80 ccm Natronlauge	= 0,020577 g N	= 2,42	
	Thier II.	0,8398 „ „	= 5,90 ccm Natronlauge	= 0,020931 g N	= 2,49	2,46
		0,9013 „ „	= 6,15 ccm Natronlauge	= 0,021818 g N	= 2,42	
Per. IV.	Thier I.	0,8054 „ „	= 5,05 ccm Natronlauge	= 0,017916 g N	= 2,22	2,24
		0,8905 „ „	= 5,65 ccm Natronlauge	= 0,020044 g N	= 2,25	
	Thier II.	0,7543 „ „	= 4,90 ccm Natronlauge	= 0,017384 g N	= 2,30	2,35
		0,8052 „ „	= 5,45 ccm Natronlauge	= 0,019335 g N	= 2,40	

2. Schwefelbestimmungen.

Per.	Thier	tr. Subst.	$BaSO_4$	S	%	Mittel
Per. I.	Thier I.	3,1686 g tr. Subst.	= 0,0795 g $BaSO_4$	= 0,0109184 g S	= 0,34	0,34
		3,1820 „ „	= 0,0785 g $BaSO_4$	= 0,0107811 g S	= 0,34	
	Thier II.	3,2720 „ „	= 0,0800 g $BaSO_4$	= 0,0109870 g S	= 0,34	0,32
		3,2544 „ „	= 0,0740 g $BaSO_4$	= 0,0101631 g S	= 0,31	

Per. II.	Thier I.	3,2854 g tr. Subst.	= 0,0663 g $BaSO_4$	= 0,0091055 g S	= 0,28 %	0,30 %
		3,2771 „ „	= 0,0760 g $BaSO_4$	= 0,0104377 g S	= 0,32	
	Thier II.	3,2327 „ „	= 0,0920 g $BaSO_4$	= 0,0126352 g S	= 0,39	0,37
		3,2038 „ „	= 0,0840 g $BaSO_4$	= 0,0115365 g S	= 0,36	
Per. III.	Thier I.	3,2616 „ „	= 0,0838 g $BaSO_4$	= 0,0115090 g S	= 0,35	0,35
		3,2344 „ „	= 0,0845 g $BaSO_4$	= 0,0116051 g S	= 0,36	
	Thier II.	3,2277 „ „	= 0,0865 g $BaSO_4$	= 0,0118798 g S	= 0,37	0,36
		3,2295 „ „	= 0,0825 $BaSO_4$	= 0,01133045 g S	= 0,35	
Per. IV.	Thier I.	3,2580 „ „	= 0,0860 g $BaSO_4$	= 0,0118111 g S	= 0,36	0,36
		3,2699 „ „	= 0,0863 g $BaSO_4$	= 0,0118523 g S	= 0,36	
	Thier II.	3,3072 „ „	= 0,0700 g $BaSO_4$	= 0,0096137 g S	= 0,30	0,31
		3,2903 „ „	= 0,0775 g $BaSO_4$	= 0,0164374 g S	= 0,32	

3. Aetherextractbestimmungen.

Per. I.	Thier I.	3,2986 g tr. Subst.	= 0,1330 g Extract	= 4,03	4,04
		3,3453 „ „	= 0,1355 „	= 4,05	
	Thier II.	3,3641 „ „	= 0,1405 „	= 4,18	4,18
		3,3224 „ „	= 0,1388 „	= 4,18	
Per. II.	Thier I.	3,4190 „ „	= 0,1390 „	= 4,07	4,02
		3,3666 „ „	= 0,1340 „	= 3,98	
	Thier II.	3,5609 „ „	= 0,1525 „	= 4,28	4,29
		3,4860 „ „	= 0,1500 „	= 4,30	
Per. III.	Thier I.	3,1306 „ „	= 0,1220 „	= 3,90	3,93
		3,1615 „ „	= 0,1255 „	= 3,97	
	Thier II.	3,4969 „ „	= 0,1450 „	= 4,15	4,15
		3,5093 „ „	= 0,1460 „	= 4,16	
Per. IV.	Thier I.	3,5448 „ „	= 0,1530 „	= 4,32	4,29
		3,5494 „ „	= 0,1515 „	= 4,27	
	Thier II.	3,5509 „ „	= 0,1565 „	= 4,41	4,39
		3,5023 „ „	= 0,1530 „	= 4,37	

4. Rohfaserbestimmungen.

Periode	Thier	tr. Subst.	asche- und N-freie Rohfaser	Rohfaser	Mittel
Per. I.	Thier I.	3,3700 g tr. Subst.	= 0,9793 g asche- und N-freie	Rohfaser = 29,06 %	28,30 %
		3,3580 „ „	= 0,9418 g asche- und N-freie	Rohfaser = 28,05	
		3,2988 „ „	= 0,9086 g asche- und N-freie	Rohfaser = 27,54	
		3,2999 „ „	= 0,9252 g asche- und N-freie	Rohfaser = 28,04	
		3,3437 „ „	= 0,9634 g asche- und N-freie	Rohfaser = 28,81	
	Thier II.	3,4966 „ „	= 0,9854 g asche- und N-freie	Rohfaser = 28,18	28,26
		3,4693 „ „	= 0,9890 g asche- und N-freie	Rohfaser = 28,51	
		3,5033 „ „	= 0,9628 g asche- und N-freie	Rohfaser = 27,48	
		3,5022 „ „	= 1,0311 g asche- und N-freie	Rohfaser = 29,44	
		3,4934 „ „	= 0,9687 g asche- und N-freie	Rohfaser = 27,73	
Per. II.	Thier I.	3,3712 „ „	= 0,9768 g asche- und N-freie	Rohfaser = 28,97	28,16
		3,3789 „ „	= 0,9468 g asche- und N-freie	Rohfaser = 28,02	
		3,4600 „ „	= 1,0047 g asche- und N-freie	Rohfaser = 29,04	
		3,4688 „ „	= 0,9382 g asche- und N-freie	Rohfaser = 27,05	
		3,4651 „ „	= 0,9606 g asche- und N-freie	Rohfaser = 27,72	
	Thier II.	3,3492 „ „	= 0,8809 g asche- und N-freie	Rohfaser = 26,30	26,77
		3,3069 „ „	= 0,8787 g asche- und N-freie	Rohfaser = 26,57	
		3,4568 „ „	= 0,9667 g asche- und N-freie	Rohfaser = 27,97	
		3,4600 „ „	= 0,9118 g asche- und N-freie	Rohfaser = 26,35	
		3,4106 „ „	= 0,9101 g asche- und N-freie	Rohfaser = 26,68	
Per. III.	Thier I.	3,4791 „ „	= 0,9343 g asche- und N-freie	Rohfaser = 26,85	26,60
		3,3703 „ „	= 0,8851 g asche- und N-freie	Rohfaser = 26,26	
		3,4344 „ „	= 0,9375 g asche- und N-freie	Rohfaser = 27,30	
		3,3965 „ „	= 0,8828 g asche- und N-freie	Rohfaser = 25,99	
		3,4842 „ „	= 0,9267 g asche- und N-freie	Rohfaser = 26,60	

	Thier II.	3,3232 g tr. Subst. = 0,8896 g asche- und N-freie Rohfaser = 26,77 %		27,12 %
		3,3465 „ „ = 0,9075 g asche- und N-freie Rohfaser = 27,12		
		3,3296 „ „ = 0,9093 g asche- und N-freie Rohfaser = 27,31		
		3,3456 „ „ = 0,9080 g asche- und N-freie Rohfaser = 27,14		
		3,3383 „ „ = 0,9111 g asche- und N-freie Rohfaser = 27,29		
Per. IV.	Thier I.	3,4698 „ „ = 0,9437 g asche- und N-freie Rohfaser = 27,20		27,71
		3,4643 „ „ = 0,9593 g asche- und N-freie Rohfaser = 27,69		
		3,4762 „ „ = 0,9575 g asche- und N-freie Rohfaser = 27,54		
		3,4730 „ „ = 0,9966 g asche- und N-freie Rohfaser = 28,70		
		3,4914 „ „ = 0,9588 g asche- und N-freie Rohfaser = 27,46		
	Thier II.	3,4471 „ „ = 0,9926 g asche- und N-freie Rohfaser = 28,80		28,56
		3,4563 „ „ = 0,9437 g asche- und N freie Rohfaser = 27,30		
		3,4595 „ „ = 1,0410 g asche- und N freie Rohfaser = 30,09		
		3,4741 „ „ = 0,9863 g asche- und N freie Rohfaser = 28,39		
		3,4718 „ „ = 0,9801 g asche- und N freie Rohfaser = 28,23		

5. Aschebestimmung.

Per. I.	Thier I.	2,8780 g tr. Subst.	= 0,3700 g Reinasche	= 12,86	12,76
		2,8745 „ „	= 0,3642 „	= 12,67	
	Thier II.	2,8166 „ „	= 0,3670 „	= 13,03	13,10
		2,8286 „ „	= 0,3725 „	= 13,17	
Per. II.	Thier I.	2,8842 „ „	= 0,3710 „	= 12,86	12,70
		2,8731 „ „	= 0,3605 „	= 12,55	
	Thier II.	2,9068 „ „	= 0,3985 „	= 13,71	13,85
		2,7795 „ „	= 0,3890 „	= 14,00	
Per. III.	Thier I.	2,8575 „ „	= 0,3740 „	= 13,09	12,99
		2,9834 „ „	= 0,3845 „	= 12,89	
	Thier II.	2,8803 „ „	= 0,3785 „	= 13,14	13,09
		2,8452 „ „	= 0,3710 „	= 13,04	

Per. IV. Thier I.	2,8237 g tr. Subst.	= 0,3735 g Reinasche	= 13,23 %	13,19 %
	2,8677 „ „	= 0,3770 „	= 13,15	
Thier II.	2,8405 „ „	= 0,3833 „	= 13,49	13,34
	2,8598 „ „	= 0,3775 „	= 13,20	

C. Harn.

1. N-Bestimmungen. 1 ccm Natronlauge = 0,0037293 g N [1]).

8 ccm des mit 200 ccm Spülwasser vermengten Harns entsprachen bei Periode I

	Thier I.			Thier II.		
23. Febr.	18,00 ccm	Na OH	= 0,0631485 g N	13,90 ccm	Na OH	= 0,0498448 g N
	17,55	Na OH		14,20	Na OH	
24. „	16,40	Na OH	= 0,0580044 g N	13,70	Na OH	= 0,0486031 g N
	16,30	Na OH		13,70	Na OH	
25. „	9,80	Na OH	= 0,0365471 g N	11,00	Na OH	= 0,0390244 g N
	9,80	Na OH		11,00	Na OH	
26. „	9,00	Na OH	= 0,0332654 g N	15,55	Na OH	= 0,0583635 g N
	8,85	Na OH		15,75	Na OH	
27. „	8,85	Na OH	= 0,0331908 g N	13,10	Na OH	= 0,0488538 g N
	8,95	Na OH		13,10	Na OH	
28. Febr.	7,70	Na OH	= 0,02852914 g N	9,15	Na OH	= 0,03419768 g N
	7,60	Na OH		9,20	Na OH	
1. März	9,40	Na OH	= 0,03524189 g N	10,9	Na OH	= 0,04064937 g N
	9,50	Na OH		10,9	Na OH	
2. „	6,90	Na OH	= 0,0261051 g N	11,7	Na OH	= 0,0438193 g N
	7,10	Na OH		11,8	Na OH	
3. „	11,70	Na OH	= 0,0436328 g N	15,10	Na OH	= 0,0563124 g N
	11,70	Na OH		15,10	Na OH	
4. „	13,80	Na OH	= 0,0518373 g N	13,75	Na OH	= 0,0513897 g N
	14,00	Na OH		13,80	Na OH	
5. „	13,35	Na OH	= 0,0494878 g N	13,45	Na OH	= 0,05008449 g N
	13,20	Na OH		13,40	Na OH	
6. „	13,35	Na OH	= 0,0494878 g N	12,10	Na OH	= 0,0451245 g N
	13,20	Na OH		12,10	Na OH	
7. „	13,25	Na OH	= 0,0494132 g N	11,35	Na OH	= 0,0421411 g N
	13,25	Na OH		11,25	Na OH	
8. „	13,55	Na OH	= 0,0505320 g N	9,25	Na OH	= 0,0346825 g N
	13,55	Na OH		9,35	Na OH	
9. „	12,75	Na OH	= 0,0471760 g N	10,70	Na OH	= 0,0399035 g N
	12,55	Na OH		10,70	Na OH	
10. „	11,00	Na OH	= 0,0408358 g N	10,15	Na OH	= 0,0379643 g N
	10,90	Na OH		10,20	Na OH	
11. „	11,80	Na OH	= 0,0435582 g N	9,60	Na OH	= 0,0358013 g N
	11,55	Na OH		9,60	Na OH	

1) Am 23. u. 24. Febr. ist bei Thier I und am 23., 24. u. 25. Febr. bei Thier II ein anderer Titre, nämlich 1 ccm Natronlauge = 0,00354767 g N.

Periode II[1]).

	Thier I.			Thier II.		
12. März	10,10 ccm	Na OH	= 0,0374795 g N	8,05 ccm	Na OH	= 0,0298344 g N
	10,00	Na OH		7,95	Na OH	
13. „	15,05	Na OH	= 0,0564989 g N	8,45	Na OH	= 0,03113966 g N
	15,25	Na OH		8,25	Na OH	
14. „	19,15	Na OH	= 0,0714161 g N	17,95	Na OH	= 0,0671274 g N
	19,15	Na OH		18,05	Na OH	
15. „	21,10	Na OH	= 0,0783899 g N	20,55	Na OH	= 0,0762642 g N
	20,95	Na OH		20,35	Na OH	
16. „	20,75	Na OH	= 0,0773084 g N	23,05	Na OH	= 0,0859604 g N
	20,70	Na OH		23,05	Na OH	
17. „	22,00	Na OH	= 0,0820446 g N	24,30	Na OH	= 0,090622 g N
				24,30	Na OH	
18. „	21,90	Na OH	= 0,0816717 g N	24,95	Na OH	= 0,0927477 g N
	21,90	Na OH		24,80	Na OH	
19. „	20,00	Na OH	= 0,0742877 g N	26,05	Na OH	= 0,09666346 g N
	19,85	Na OH		25,80	Na OH	
20. „	21,10	Na OH	= 0,0788747 g C	26,80	Na OH	= 0,0903182 g N
	21,20	Na OH		27,00	Na OH	
21. „	22,10	Na OH	= 0,0824175 g N	24,00	Na OH	= 0,0906220 g N
				24,60	Na OH	

Periode III.

	Thier I.			Thier II.		
22. März	19,85 ccm	Na OH	= 0,0741385 g N	26,65 ccm	Na OH	= 0,0997588 g N
	19,90	Na OH		26,85	Na OH	
				Periode III.		
23. „	20,20	Na OH	= 0,0748471 g N	25,60	Na OH	= 0,0962430 g N
	19,95	Na OH		25,80	Na OH	
24. „	17,40	Na OH	= 0,0650763 g N	22,55	Na OH	= 0,0831634 g N
	17,50	Na OH		22,05	Na OH	
25. „	18,85	Na OH	= 0,0705956 g N	23,80	Na OH	= 0,0893167 g N
	19,00	Na OH		24,00	Na OH	
26. „	19,20	Na OH	= 0,0714161 g N	—	—	—
	19,10	Na OH				
27.[2]) „	18,90	Na OH	= 0,06705096 g N	23,35	Na OH	= 0,0830155 g N
	18,90	Na OH		23,45	Na OH	
28. „	19,70	Na OH	= 0,0692505 g N	26,70	Na OH	= 0,0909002 g N
	19,35	Na OH		26,80	Na OH	
29. „	21,05	Na OH	= 0,07357202 g N	26,05	Na OH	= 0,0922394 g N
	21,00	Na OH		25,95	Na OH	
30. „	21,95	Na OH	= 0,0776940 g N	23,80	Na OH	= 0,08461194 g N
	21,85	Na OH		23,90	Na OH	
31. „	21,35	Na OH	= 0,0737427 g N	24,30	Na OH	= 0,08656315 g N
	21,35	Na OH		24,50	Na OH	

1) Von jetzt ab wurden stets nur 5 ccm Harn und Spülwasser zur N-Bestimmung verwendet.

2) Von jetzt ab ist 1 ccm Natronlauge = 0,00354767 g N.

Periode IV.

	Thier I.		Thier II.	
1. April	19,20 ccm $NaOH$ 19,10 $NaOH$	= 0,0679379 g N	25,20 ccm $NaOH$ 25,20 $NaOH$	= 0,08940128 g N
			Periode IV.	
2. „	21,35 $NaOH$ 21,15 $NaOH$	= 0,07538799 g N	29,00 $NaOH$ 29,10 $NaOH$	= 0,1030598 g N
3. „	21,90 $NaOH$ 21,70 $NaOH$	= 0,0773392 g N	27,70 $NaOH$ 27,70 $NaOH$	= 0,0982704 g N
4. „	22,05 $NaOH$ 21,80 $NaOH$	= 0,0778004 g N	28,90 $NaOH$ 29,00 $NaOH$	= 0,1027050 g N
5. „	22,60 $NaOH$ 22,70 $NaOH$	= 0,0803547 g N	31,00 $NaOH$ 31,00 $NaOH$	= 0,1099778 g N
6. „	22,20 $NaOH$ 22,20 $NaOH$	= 0,0787583 g N	30,80 $NaOH$ 31,00 $NaOH$	= 0,109623 g N
7. „	24,90 $NaOH$ 25,00 $NaOH$	= 0,0885144 g N	27,10 $NaOH$ 27,10 $NaOH$	= 0,0961420 g N
8. „	25,25 $NaOH$ 25,05 $NaOH$	= 0,0892239 g N	29,4 $NaOH$ 29,6 $NaOH$	= 0,1046563 g N
9. „	22,75 $NaOH$ 22,55 $NaOH$	= 0,0803547 g N	28,8 $NaOH$ 28,6 $NaOH$	= 0,10181813 g N
10. „	23,80 $NaOH$ 24,00 $NaOH$	= 0,0847893 g N	26,20 $NaOH$ 25,70 $NaOH$	= 0,0922394 g N
11. „	23,70 $NaOH$ 23,50 $NaOH$	= 0,0837250 g N	27,00 $NaOH$ 27,30 $NaOH$	= 0,09631924 g N
12. „	— —	—	27,00 $NaOH$ 27,60 $NaOH$	= 0,0968514 g N
13. „	— —	—	30,20 $NaOH$ 30,10 $NaOH$	= 0,106962 g N

2. S-Bestimmungen.

50 ccm des mit 200 ccm Spülwasser vermengten Harns enthielten:

	Thier I.		Thier II.	
7. März	0,2437 g $BaSO_4$ 0,2547 $BaSO_4$	= 0,0342 g S	0,2590 g $BaSO_4$ 0,2888 $BaSO_4$	= 0,0376 g S
8. „	0,2220 $BaSO_4$ 0,2740 $BaSO_4$	= 0,0341 g S	0,2820 $BaSO_4$ 0,2170 $BaSO_4$	= 0,0343 g S
9. „	0,2750 $BaSO_4$ 0,2625 $BaSO_4$	= 0,0369 g S	0,2525 $BaSO_4$ 0,2500 $BaSO_4$	= 0,0345 g S
10. „	0,2385 $BaSO_4$ 0,2385 $BaSO_4$	= 0,0327 g S	0,2342 $BaSO_4$ 0,2400 $BaSO_4$	= 0,0326 g S
11. „	0,2755 $BaSO_4$ 0,2738 $BaSO_4$	= 0,0377 g S	0,2012 $BaSO_4$ 0,1905 $BaSO_4$	= 0,0269 g S
18. „	0,2068 $BaSO_4$ 0,2153 $BaSO_4$	= 0,02897 g S	0,4665 $BaSO_4$ 0,4742 $BoSO_4$	= 0,0646 g S

	Thier I.		Thier II.	
19. März	0,1860 g $BaSO_4$ 0,1930 $BaSO_4$	= 0,0260 g S	0,4710 g $BaSO_4$ 0,4785 $BaSO_4$	= 0,0652 g S
20. „	0,1978 $BaSO_4$ 0,2043 $BaSO_4$	= 0,0276 g S	0,4655 $BaSO_4$ 0,4615 $BaSO_4$	= 0,0636 g S
21. „	0,2085 $BaSO_4$ 0,2120 $BaSO_4$	= 0,0289 g S	0,4660 $BaSO_4$ 0,4813 $BaSO_4$	= 0,0650 g S
22. „	— —	—	0,4683 $BaSO_4$ 0,4790 $BaSO_4$	= 0,0650 g S
27. „	0,2960 $BaSO_4$ 0,2890 $BaSO_4$	= 0,0402 g S	— —	—
28. „	0,3070 $BaSO_4$ 0,3005 $BaSO_4$	= 0,0417 g S	0,3470 $BaSO_4$ 0,3495 $BaSO_4$	= 0,0478 g S
29. „	0,2938 $BaSO_4$ 0,3000 $BaSO_4$	= 0,0408 g S	0,3725 $BaSO_4$ 0,3735 $BaSO_4$	= 0,0512 g S
30. „	0,2862 $BaSO_4$ 0,2825 $BaSO_4$	= 0,0390 g S	0,4060 $BaSO_4$ 0,4143 $BaSO_4$	= 0,0563 g S
31. „	0,3780 $BaSO_4$ 0,3802 $BaSO_4$	= 0,0519 g S	0,4465 $BaSO_4$ 0,4565 $BaSO_4$	= 0,0620 g S
1. April	— —	—	0,4582 $BaSO_4$ 0,4550 $BaSO_4$	= 0,0627 g S
7. „	0,4285 $BaSO_4$ 0,4255 $BaSO_4$	= 0,0586 g S	— —	—
8. „	0,4270 $BaSO_4$ 0,4208 $BaSO_4$	= 0,0582 g S	0,2745 $BaSO_4$ 0,2817 $BaSO_4$	= 0,0382 g S
9. „	0,4120 $BaSO_4$ 0,4180 $BaSO_4$	= 0,05699 g S	0,2745 $BaSO_4$ 0,2868 $BaSO_4$	= 0,0385 g S
10. „	0,3817 $BaSO_4$ 0,3840 $BaSO_4$	= 0,0526 g S		
11. „	0,3940 $BaSO_4$ 0,4020 $BaSO_4$	= 0,0547 g S	0,3020 $BaSO_4$ 0,3048 $BaSO_4$	= 0,0417 g S
12. „	— —	—	0,3070 $BaSO_4$ 0,3152 $BaSO_4$	= 0,0427 g S
13. „	— —	—	0,2795 $BaSO_4$ 0,2880 $BaSO_4$	= 0,0390 g S

Experimentelle Prüfung des Fechner'schen Gesetzes auf dem Gebiete der Schallstärke.

Von

Carl Nörr.

(Aus dem physiologischen Institut in Tübingen.)

Ueber die Unterscheidungsempfindlichkeit für Schall-(Ton-) stärken sind bis jetzt bloss zwei auf Experimente begründete Arbeiten veröffentlicht worden. Die erste in dem Tübinger physiologischen Institut auf Veranlassung des Herrn Professor v. Vierordt von Th. Renz und A. Wolf, nach der Methode der richtigen und falschen Fälle ausgeführt[1]), ermittelte das Unterscheidungsvermögen des Ohres für Schallstärken an einem einzigen Punkt der Reizscala. Als Schallquelle diente eine Taschenuhr, die in den einzelnen Vergleichungsversuchen in je zwei verschiedene Abstände vom Ohr gebracht wurde, um die erforderlichen Variationen der mit einander zu vergleichenden Schallstärken hervorzubringen. Schallstärken von 28 % Unterschied wurden von beiden Beobachtern unter allen Umständen von einander unterschieden, während bei einer Differenz von bloss 8 % die Zahl der richtigen Urtheile die der falschen und unentschiedenen nur wenig übertraf.

Volkmann[2]) benutzte in einer ersten Versuchsreihe ein Pendel, welches gegen eine vibrationsfähige senkrechte Platte anschlug. Die verschiedenen Schallstärken der jeweils mit einander zu vergleichenden beiden Töne wurden durch Herabfallen des Pendels aus verschiedenen Elongationen hergestellt; indem ferner der

1) S. Archiv für physiol. Heilkunde 1856 S. 185.

2) S. Fechner's Psychophysik I S. 176.

Beobachter sich von der Platte successiv entfernte, konnte auch die absolute Schallstärke bis auf nahezu das 150fache variirt werden. In einer zweiten Versuchsreihe benutzte Volkmann Stahlkugeln, die auf eine Stahlplatte herabfielen; durch Variation der Fallgewichte (zwischen 1,35 und 14,85^g) und Fallhöhen (fast ums Vierfache) sowie des Abstandes (1 bis 6^m) des Beobachters konnten die absoluten und relativen Tonstärken innerhalb ziemlich weiter Grenzen abgeändert werden. Schallstärkedifferenzen von 25 % konnten „mit Sicherheit" von einander unterschieden werden, was mit den Ergebnissen von Renz und Wolf nahezu übereinstimmt.

Eine erneute Prüfung unseres Unterscheidungsvermögens auf diesem wichtigen Sinnesgebiet dürfte besonders dann erwünscht sein, wenn die Versuche sich über eine möglichst grosse Breite der Schallstärken erstrecken, und das um so mehr, als neuerdings die Gültigkeit des Fechner'schen Gesetzes auf verschiedenen anderen Sinnesgebieten mehrfach bestritten oder doch auf verhältnissmässig enge Grenzen zu beschränken versucht worden ist.

Ich bin deshalb sehr gern der Aufforderung des Herrn Professor v. Vierordt nachgekommen, in dem hiesigen physiologischen Institut die Frage einer erschöpfenden Experimentalkritik zu unterwerfen.

Ich verfuhr, wie meine Vorgänger, nach der in der vorliegenden Frage streng genommen allein zulässigen Methode der richtigen und falschen Fälle, die zwar schon vor Fechner im hiesigen physiologischen Institut praktisch ausgeführt, jedoch erst von Diesem bekanntlich theoretisch begründet worden ist.

Die Aufgabe bestand also in jedem Einzelversuch darin, zwei mässig verschiedene Schallstärken unmittelbar nach einander zum Vergleich zu bringen und den Hörenden entscheiden zu lassen, welcher der beiden Schalle der stärkere sei. Die Versuche wurden sämmtlich an mir angestellt; die nothwendigen Manipulationen besorgte der Institutsdiener Nagel, welcher in gleicher Weise bei den zahlreichen im hiesigen Institut angestellten Versuchen über die Tastempfindlichkeit beschäftigt gewesen war und eine grosse Uebung in der Assistenz bei Experimenten über Unterscheidungsempfindlichkeit gewonnen hatte.

Die Versuche beschränkten sich nicht auf das Vergleichen von je zwei verschiedenen Schallstärken, sondern es wurden, um den Experimentirenden zu absoluter Voraussetzungslosigkeit zu zwingen (wie das bei sämmtlichen im hiesigen physiologischen Institut ausgeführten Versuchen über das Unterscheidungsvermögen von jeher der Fall war), zahlreiche Vexirversuche eingeschaltet, in welchen die beiden mit einander zu vergleichenden Schalle dieselbe Stärke hatten.

Obschon auf den ersten Blick nichts einfacher und leichter ausführbar erscheinen mag, als die Herstellung zweier verschiedener Schallstärken und das Abgeben des entsprechenden Urtheils von Seiten des Experimentators, so wurde ich gleichwohl bei meinen Versuchen häufig an den Ausspruch Fechner's gemahnt: „durch wie viel Kleinigkeiten man bei Versuchen dieser Art in Verlegenheit gesetzt und aufgehalten werden kann.“

Zur Herstellung bestimmter Schallstärken benützte ich ein von Herrn Professor v. Vierordt mir angegebenes und von demselben in zahlreichen Erfahrungen bewährt gefundenes Verfahren. Es beruht im Wesentlichen auf derselben Technik, die schon Schafhäutl[1]) angegeben hat, indem man Kugeln von verschiedenem Gewicht durch eine beliebige, aber genau abmessbare Höhe auf eine wagerechte vibrationsfähige Platte fallen lässt. Ich beschränke mich hier auf eine kurze Erwähnung des zur Beurtheilung meiner Versuche unumgänglich Nöthigsten, da Herr Professor v. Vierordt die Methode bei der Veröffentlichung anderweitiger physiologisch-akustischer Versuche später genauer beschreiben wird.

Das von mir angewandte Phonometer besteht aus einer viereckigen Eisenplatte von 20,4^{cm} Länge, 16,7^{cm} Breite und 5,5^{mm} Dicke. Die Platte wurde unmittelbar auf den Tisch gelegt, um kurz dauernde und zeitlich scharf abgegrenzte Schalle zu erzeugen. Als Fallkörper dienten Bleikugeln von sehr verschiedenem Kaliber[2]); da aber grössere Bleikugeln beim Aufschlagen auf eine Eisenplatte

1) Abhandl. der math.-physik. Classe der bayer. Akad. der Wissenschaften Bd. VII S. 501. München 1853.

2) Ueber die Herstellung winziger Bleikügelchen s. v. Vierordt, Zeitschrift für Biologie 1878 S. 301.

Eindrücke bekommen und die Kugelform allmälig verlieren, wurden für die beiden stärksten Fallgewichte (von 98 und 1025^g Gewicht) gut polirte Eisenkugeln gewählt. Der Fallapparat besteht aus einem auf einer horizontalen Platte aufgeschraubten senkrechten, 20^{cm} hohen und mit einer Millimeterscala versehenen Messingstab, auf welchem eine an ihrem oberen Rand einen Nonius tragende Hülse verschoben und mittelst Schraube festgestellt werden kann. An die Hülse ist eine 10^{cm} lange Stahlpincette mit gekreuzten Armen wagrecht befestigt. Das freie Ende jedes Pincettenarmes stellt eine Viertel-Hohlkugel dar, so dass bei geschlossener Pincette eine hohle Halbkugel von etwa 8^{mm} Durchmesser gebildet wird. Die Halbkugel der Pincette nimmt die Bleikugel auf, die somit beim Oeffnen der Pincette auf die Eisenplatte fällt.

Für die starken Gewichte mussten besondere Fallapparate von grösserem Kaliber angefertigt werden. Der Fallraum der Kugel ist durch den Abstand des Kugelbehälters der Pincette von der Eisenplatte gegeben; bei etwas grösseren Fallkugeln ist von diesem Abstand natürlich noch der Radius der Kugel abzuziehen, da letztere sich bereits zu senken beginnt, wenn die Pincette langsam geöffnet wird, aber erst ins Fallen kommt, wenn die Pincettenbranchen um so viel, als der Kugeldurchmesser beträgt, von einander abstehen.

Für die 1025^g schwere Eisenkugel konnte, da der Fallraum zu klein war im Verhältniss zum Kugeldurchmesser, der Fallapparat nicht benutzt werden. Diese Kugel wurde vom Assistenten mit den Fingern gefasst und dann losgelassen. Die vier erforderlichen Fallräume wurden dadurch in genau messbarer Form hergestellt, dass unter die Kugel ein kleiner Cylinder von Eichenholz geschoben wurde, dessen eines auf der Eisenplatte stehendes Ende eben war, während das andere eine convexe Fläche hatte. Die Kuppe der Convexität des Cylinders berührte somit die unmittelbar über ihr befindliche Kugel nur an einem Punkt, so dass der Cylinder unmittelbar vor dem Fallenlassen der Kugel leicht zur Seite geschoben werden konnte.

Beim Beginn meiner Arbeit ging ich von der fast allgemein gültigen Voraussetzung aus, dass die Schallstärken dem Gewicht der auf die schwingungsfähige Platte fallenden Kugel und dem

Quadrat der Schwingungsamplitude der tönenden Platte, mit einem Worte der lebendigen Kraft der Schallbewegung proportional sei.

Im Verlauf meiner Studien wurde ich aber von Herrn Professor v. Vierordt aufmerksam gemacht, dass sich die Dinge wesentlich anders verhalten. Versuche, die derselbe innerhalb einer genügenden Variation der Fallhöhen und der Fallgewichte anstellte, zeigten auf das bestimmteste, dass die Schallstärke proportional ist der Quadratwurzel der Fallhöhe des fallenden Gewichts (m), also auch der einfachen Geschwindigkeit (c), welche letzteres im Moment seines Aufschlagens auf die Platte erlangt hat[1]); demnach ist die „Quantität der Schallbewegung“ das Maass der Schallstärke. Letztere Annahme hat übrigens schon früher Schafhäutl, jedoch nur aus theoretischen Gründen und nicht etwa gestützt auf vergleichende Versuche, aufgestellt.

Ich hatte mir vorgesetzt, die Schallstärken in meiner für die Dauer von zwei Semestern projectirten Versuchsreihe nicht bloss in möglichst extremer Weise zu variiren, sondern dieselbe in den einzelnen Versuchsreihen der Reihe nach derartig anwachsen zu lassen, dass die nächst höhere Schallstärke jeweils zehnmal stärker sein sollte als die vorhergehende. Die Versuche waren in vier Reihen schon ziemlich weit gediehen, als ich auf die Unrichtigkeit der bisherigen — wie erwähnt, auch von mir adoptirten — Berechnungsweise der Schallstärken (mc^2) aufmerksam gemacht worden war. Auch hatte sich gezeigt, dass ich mit einer noch geringeren, schwächsten Schallstärke, als der ursprünglich beabsichtigten, experimentiren konnte, welche nachträglich eingeschaltet wurde. Dieses zur Erläuterung des etwas unregelmässigen, scheinbar willkürlich gegriffenen Anwachsens der Schallstärken in meinen einzelnen Versuchsreihen.

Ich gebe zunächst eine Uebersicht über die jeweils schwächsten Schallstärken („Hauptschalle“) meiner sieben Versuchsreihen, und zwar berechnet nach der bisher gültigen Methode (mc^2), wobei jedoch, um kleinere Zahlen für die Schallstärken zu bekommen, die Fallhöhe statt dem Geschwindigkeitsquadrat eingeführt ist.

---

1) S. Zeitschrift f. Biologie 1878 S. 300.

Tabelle I.

Versuchs-reihe	Fallgewicht in Milligramm	Fallhöhe in Millimeter	Schallstärke	
			in Milligramm-millimeter	relative
1	6,7	7,5	50	1
2	26	3,8	100	2
3	146	6,85	1000	20
4	441,5	22,6	10000	200
5	9898,5	10,1	100000	2000
6	98053	10,2	1000000	20000
7	1025100	30	30753000	615060

Die richtigen Schallstärken sind in Tabelle II aufgeführt. Zugleich gebe ich in Tabelle II — zur genaueren Charakterisirung der von mir verwendeten Schallstärken — die Hauptschalle der sieben Versuchsreihen in der entsprechenden Anzahl von „Empfindungseinheiten“ [1]). Wie eine bestimmte Lichtstärke objectiv genügend charakterisirt ist durch die Angabe der in ihr enthaltenen Empfindungseinheiten („Empfindungseinheit“ als „Schwellenwerth“, d. h. als das schwächste eben noch wahrnehmbare Licht angenommen), so verhält es sich auch mit den Schallstärken. Weiter unten werde ich darthun, dass — bei den von mir eingehaltenen Versuchsbedingungen — der schwächste von mir noch hörbare Schall = 1500 Milligrammmillimeter beträgt.

Tabelle II.

Versuchs-reihe	Fallgewicht in Milligramm	Geschwindigkeit (per Secunde) in Millimeter	Schallstärke		
			in Milligramm-millimeter [2])	relative	in Empfindungs-einheiten
1	6,7	384	2572,8	1	1,71
2	26	273	7098	2,7	4,73
3	146	366	53436	20,7	35,62
4	441,5	666	294039	114,3	196,03
5	9898,5	445	4404832,5	1712,1	2936,55
6	98053	447	43829691	17035,8	29219,8
7	1025100	767	786251700	305563	524167,8

1) „Objective Empfindungseinheiten“ sit venia verbo; nicht zu verwechseln mit dem Fechner'schen psychophysischen Maass.

2) Statt der einfachen Geschwindigkeit hätte ich auch, um die proportionalen Schallstärken in kleineren Werthen auszudrücken, die Wurzel aus der Fallhöhe einführen können.

In sämmtlichen sieben Versuchsreihen sollten nach meinem ursprünglichen Plan die mit einander zu vergleichenden Schallstärken jeweils Unterschiede von 10 bis 20 und 40% bieten. Die dazu erforderlichen Fallhöhen wurden nach dem der Schallstärkeberechnung in Tab. I entsprechenden älteren Verfahren bestimmt. Die bezüglichen Auswerthungen bedurften aber, nachdem sie als nicht statthaft erkannt wurden, einer der Tab. II entsprechenden Correction; deshalb zeigen die bezüglichen Werthe in den einzelnen Versuchsreihen kleine Abweichungen.

Für die zwei letzten Versuchsreihen VI und VII wählte ich dann solche Fallhöhen, welche zu abgerundeten, einfachen Werthen für die mit einander zu vergleichenden Schallstärken führten.

Die in den Einzelreihen zur Vergleichung gebrachten Schallstärken, berechnet nach dem Princip der Tab. II, verhalten sich in ihren relativen Werthen wie

Tabelle III.

Versuchsreihe	Hauptschall	Vergleichsschalle		
		1	2	3
1	1000	1044,2	1088,5	1174
2	1000	1050,1	1098,9	1190,4
3	1000	1049	1095,6	1185,8
4	1000	1051	1096	1188
5	1000	1049	1094,3	1182
6	1000	1050	1100	1200
7	1000	1050	1100	1200

Principiell würde bekanntlich, wie Fechner gezeigt hat, für jede der sieben Versuchsreihen eine einzige constante, proportionale Schallstärkedifferenz genügen, um unsere Frage: ob das Unterscheidungsvermögen innerhalb der ganzen Reizscala gleichbleibe oder nicht, endgültig zu beantworten. Ich zog es aber vor, statt bloss einer einzigen drei Schallstärkeunterschiede in jeder Versuchsreihe experimentell zu prüfen, und wurde, wie weiter unten zu erörtern sein wird, durch diese Erweiterung meiner Aufgabe reichlich belohnt.

Am Beginn meiner Versuche benützte ich zur Herstellung der beiden mit einander zu vergleichenden Schalle zwei Fallapparate und für jede Versuchsreihe zwei möglichst gleich schwere Kugeln, so dass die erforderlichen Schallstärkeunterschiede vorzugsweise durch Abänderung der Fallräume gewonnen wurden. Dieses, jedenfalls bequemste, Verfahren musste ich aber aufgeben, da unerwarteter Weise Kugeln von gleichem Material und so gut wie gleichem Gewicht beim Aufschlagen Schalle von nicht genau gleichem Timbre ergaben. Die bei manchen Kugeln störende Timbreungleichheit erschwert die Vergleichung der Empfindungsintensitäten mehr oder weniger; es musste daher für absolute Timbregleichheit gesorgt werden, was nur dadurch erreicht werden konnte, dass die Vergleichsschalle in jeder Versuchsreihe immer nur mittelst einer und derselben Kugel hergestellt wurden. Die beiden Fallapparate wurden vor dem Versuch auf die gewünschte Fallhöhe eingestellt, und die Kugel alsbald nach dem ersten Schall in den entsprechenden Behälter gebracht, um den zweiten Schall möglichst schnell nachfolgen zu lassen. Das Zeitintervall zwischen beiden Schallen betrug ungefähr 3 Secunden, die unvermeidlichen kleinen Abweichungen von diesem Mittelwerth verursachten übrigens keine Störung; auch compensiren sie sich derartig, dass sie auf das Endresultat keinen Einfluss haben können. Das Hereinwerfen der Kugel in den Behälter unmittelbar vor dem zweiten Schall würde, wenigstens bei den grösseren Kugeln, ein störendes Geräusch verursachen; deshalb waren die Behälter innen mit Tuch ausgefüttert.

Die Kugel fiel in jedem Vergleichsversuch auf zwei einander nahe Punkte der Eisenplatte. Letztere giebt nicht an allen Stellen ihrer Oberfläche bei Anwendung derselben Kugel und desselben Fallraums Schalle von genau demselben Timbre und derselben Stärke; man hat deshalb in einer Vorprüfung sorgfältig zwei Punkte der Eisenplatte zu wählen, welche tadellos gleiche Schalle ergeben.

Bei allen Versuchen war ich der Schallquelle mit dem linken Ohr zugewandt; ein Kopfhalter sorgte für eine gleichmässige Neigung des Kopfes gegen die Schallquelle und einen constanten Abstand

des Ohres von letzterer. Von den Aufschlagspunkten der Kugel auf die Tafel war mein Ohr constant 50 Centimeter entfernt. —

An den Experimentator über das Unterscheidungsvermögen für Sinnesreize werden nicht selten, bezüglich der Anzahl der geforderten Versuche ganz unerfüllbare Ansprüche gestellt; über die erforderliche Zahl der Versuche kann aber nicht a priori, sondern nur aus den gewonnenen Endresultaten entschieden werden. Die Gesammtzahl meiner, auf zwei Semester sich vertheilenden Versuche beträgt (mit Ausschluss der bloss zur Einübung ausgeführten Vorversuche) 6777, so dass auf jede der einzelnen Versuchsreihen gegen 1000 Versuche durchschnittlich kommen. Diese aber reichen hin, wie ich am Schluss meiner Arbeit fand, um die hier massgebenden Gesetzmässigkeiten und zwar mit genügender mathematischer Schärfe zu finden. Die exacte Einstellung der Fallapparate für die gewünschten Fallräume verursacht einen gewissen Aufenthalt; auch dürfen die Versuche in derselben Stunde nicht zu sehr gehäuft werden, da der Sinn sehr bald ermüdet und an Leistungsfähigkeit einbüsst. Ich experimentirte deshalb in der Regel nie länger als etwa $^1/_2$ Stunde. Die sieben Versuchsreihen mit den jeweils drei, resp. (mit Einrechnung der Vexirversuche) vier Schallstärkepaaren repräsentiren schon 28 verschiedene Versuchsbedingungen, die sich aber verdoppeln, insofern (von den Vexirversuchen abgesehen) bald der erste, bald der zweite Schall der stärkere war. Auf eine streng methodische Vertheilung der Experimente in die einzelnen Versuchsabschnitte (Stunde, Tage oder auch nur Wochen) musste deshalb schon von vornherein verzichtet werden. Die Verlegung meiner Versuche in Nachtstunden, um bei möglichster Ruhe der Umgebung experimentiren zu können, war nicht ausführbar; übrigens ist das hiesige, ausserhalb der Stadt liegende, physiologische Institut vor störendem Tageslärm ziemlich geschützt.

Mit Sicherheit darf ich annehmen, dass in den Endergebnissen der Versuche sämmtliche Nebeneinflüsse, welche in den Einzelversuchen von einem gewissen Einfluss sein konnten, in hinreichender Weise compensirt sind.

Der Einfluss der Zeitfolge der Schalle ist so wichtig, dass in jeder der sieben Versuchsreihen (s. die A- und B-Gruppe der

Tabellen IV — X) die Versuche in je zwei Gruppen vertheilt sind, je nachdem der erste oder der zweite Schall der stärkere war. Daraus ergiebt sich aber auch die Möglichkeit, diesen Einfluss zu eliminiren (was in der Gruppe C der sieben Tabellen geschehen ist).

Die Tabellen IV — X bedürfen nur weniger Erläuterungen. Die Qualität der Entscheidungen des Hörenden ist nicht bloss aus den Tabellenköpfen ersichtlich, sondern auch (wenigstens in den zwei obersten Horizontalreihen) durch die neben den Zahlen stehenden Buchstaben *R* (richtig) *F* (falsch) *U* (unentschieden). Unentschieden bedeutet aber (wenigstens für mich und meinen Empfindungszustand) im Grunde nichts anderes, als dass beide Schalle als gleich stark empfunden wurden. In den je drei Verticalreihen der Tabellengruppen A und B ist die absolute und (in Klammern) auch die %-Zahl der respectiven Entscheidungen angegeben. Die Gruppe C enthält die procentigen Mittelwerthe aus beiden (A- und B-) Gruppen d. h. die Versuchsergebnisse nach Compensation des Einflusses der Zeitfolge. In der vierten Verticalcolumne der C-Gruppe sind ausserdem die „richtigen" Fälle nach dem von Fechner geübten Verfahren berechnet, welches die Hälfte der „unentschiedenen" zu den richtigen Fällen hinzuzählt. Die erste horizontale Zahlenreihe (I) bezieht sich auf die Vexirversuche, d. h. der Vergleichsschall ist ebenso stark wie der Hauptschall. Die richtigen Urtheile (*R*) mussten demnach in die Kategorie „Kein Unterschied" eingetragen werden; die falschen vertheilen sich in zwei Rubriken, je nachdem die erste oder zweite Empfindung die stärkere war. Sämmtliche Vexirversuche sind in die A-Gruppe untergebracht; sie hätten auch der B-Gruppe einverleibt werden können. Dieser Widerspruch mit der Ueberschrift der A-Gruppe wird nicht stören; im Interesse einer möglichsten Abkürzung der Tabellen konnte er nicht vermieden werden.

Tabelle IV.

Fallgewicht 6,7 Milligramm. — Fallhöhe in Millimeter in I 7,5, II 8,2, III 8,9, IV 10,4. — Stärke des Hauptschalles 2572,8 Milligrammmillimeter.

Stärke des Vergleichungsschalles in Milligrammmillimeter	Differenz beider Schallstärken in %	A. Stärkerer Schall zuerst			B. Schwächerer Schall zuerst			C. Mittel der Procentwerthe von A und B				Gesammtzahl der Versuche
		Erste Empfindung stärker	Zweite Empfindung stärker	Kein Unterschied der Empfindung	Zweite Empfindung stärker	Erste Empfindung stärker	Kein Unterschied der Empfindung	Richtig	Falsch	Kein Unterschied	Die unentschiedenen Fälle hälftig als richtig angenommen	
I 2572,8	0	F 29 (24,55%)	F 33 (28%)	R 56 (47,45%)								118
II 2686,7	4,42	R 144 (77,8%)	F 30 (16,3%)	U 11 (5,9%)	R 151 (74%)	F 34 (16,4%)	U 19 (9,6%)	75,9%	16,35%	7,75%	79,77%	389
III 2700,6	8,85	142 (80,7%)	23 (13,1%)	11 (6,2%)	150 (85,7%)	16 (9,1%)	9 (5,2%)	83,2%	11,1%	5,7%	85,05%	351
IV 3021,7	17,4	82 (89,2%)	6 (6,5%)	4 (4,3%)	80 (90,9%)	5 (5,68%)	3 (3,41%)	90,0%	6,1%	3,9%	91,95%	180

Tabelle V.

Fallgewicht 26 Milligramm. — Fallhöhe in Millimeter in I 3,8 II 4,2, III 4,6, IV 5,4. — Stärke des Hauptschalles 7098 Milligrammmillimeter.

Stärke des Vergleichungsschalles in Milligrammmillimeter	Differenz beider Schallstärken in %	A. Erste Empfindung stärker	A. Zweite Empfindung stärker	A. Kein Unterschied der Empfindung	B. Zweite Empfindung stärker	B. Erste Empfindung stärker	B. Kein Unterschied der Empfindung	C. Richtig	C. Falsch	C. Kein Unterschied	C. Die unentschiedenen Fälle hälftig als richtig angenommen	Gesammtzahl der Versuche
I 7098	0	F 16 (22,5%)	F 15 (21,1%)	R 40 (56,4%)								71
II 7462	5,01	R 130 (81,3%)	F 21 (13,1%)	U 9 (5,6%)	R 143 (85,1%)	F 15 (8,9%)	U 10 (6%)	83,2%	11,0%	5,8%	86,1%	328
III 7800	9,89	140 (87,5%)	12 (7,5%)	8 (5%)	144 (91,7%)	6 (3,8%)	7 (4,5%)	89,6%	5,65%	4,75%	91,7%	317
IV 8450	19,04	50 (91%)	2 (3,6%)	3 (5,4%)	50 (94,3%)	1 (1,9%)	2 (3,8%)	92,65%	2,75%	4,6%	94,95%	108

Tabelle VI.

Fallgewicht 146 Milligramm. — Fallhöhe in Millimeter in I 6,85, II 7,5, III 8,2, IV 9,6. — Stärke des Hauptschalles 53436 Milligrammmillimeter.

Stärke des Vergleichungsschalles in Milligrammmillimeter	Differenz beider Schallstärken in %	A. Stärkerer Schall zuerst			B. Schwächerer Schall zuerst			C. Mittel der Procentwerthe von A und B				Gesammtzahl der Versuche
		Erste Empfindung stärker	Zweite Empfindung stärker	Kein Unterschied der Empfindung	Zweite Empfindung stärker	Erste Empfindung stärker	Kein Unterschied der Empfindung	Richtig	Falsch	Kein Unterschied	Die unentschiedenen Fälle hälftig als richtig angenommen	
I 53436	0	F 19 (15,6%)	F 29 (23,7%)	R 74 (60,7%)								122
II 56064	4,9	R 138 (74,6%)	F 28 (15,1%)	U 19 (10,3%)	R 172 (85,5%)	F 15 (7,5%)	U 14 (7%)	80,05%	11,3%	8,65%	84,37%	386
III 58546	9,56	163 (81,1%)	16 (8%)	22 (10,9%)	180 (87,8%)	9 (4,4%)	16 (7,8%)	84,45%	6,2%	9,35%	89,02%	398
IV 63364	18,58	68 (89,5%)	3 (4%)	5 (6,5%)	80 (95,2%)	0	4 (4,8%)	92,35%	2%	5,65%	95,17%	160

Tabelle VII.

Fallgewicht 441,5 Milligramm. — Fallhöhe in Millimeter in I 22,6, II 25, III 27,2, IV 31,7. — Stärke des Hauptschalles 294039 Milligrammmillimeter.

I 294039	0	F 23 (21,1%)	F 36 (33%)	R 50 (45,9%)								109
II 309050	5,1	R 91 (56,5%)	F 38 (23,6%)	U 32 (19,9%)	R 140 (79,1%)	F 23 (13%)	U 14 (7,9%)	67,8%	18,3%	13,9%	74,75%	338
III 322295	9,6	130 (73,5%)	28 (15,8%)	19 (10,7%)	173 (90,6%)	10 (5,2%)	8 (4,2%)	82,05%	10,5%	7,45%	85,77%	368
IV 349443,5	18,8	61 (86%)	2 (2,8%)	8 (11,2%)	68 (94,4%)	0	4 (5,6%)	90,2%	1,4%	8,4%	94,4%	143

Tabelle VIII.

Fallgewicht 9898,5 Milligramm. — Fallhöhe in Millimeter in I 10,1, II 11,1, III 12,1, IV 14,1. — Stärke des Hauptschalles 4404832,5 Milligrammmillimeter.

Stärke des Vergleichungsschalles in Milligrammmillimeter	Differenz beider Schallstärken in %	A. Stärkerer Schall zuerst			B. Schwächerer Schall zuerst			C Mittel der Procentwerthe von A und B				Gesammtzahl der Versuche
		Erste Empfindung stärker	Zweite Empfindung stärker	Kein Unterschied der Empfindung	Zweite Empfindung stärker	Erste Empfindung stärker	Kein Unterschied der Empfindung	Richtig	Falsch	Kein Unterschied	Die unentschiedenen Fälle hälftig als richtig angenommen	
I 4404832,5	0	F 15 (14,4 %)	F 23 (22,1 %)	R 66 (63,5 %)								104
II 4622599,5	4,9	R 124 (61,4 %)	F 44 (21,8 %)	U 34 (16,8 %)	R 130 (83,8 %)	F 13 (8,4 %)	U 12 (7,8 %)	72,6 %	15,1 %	12,3 %	78,75 %	357
III 4820469,5	9,4	123 (79,4 %)	12 (7,7 %)	20 (12,9 %)	112 (89,6 %)	6 (4,8 %)	7 (5,6 %)	84,5 %	6,25 %	9,25 %	89,12 %	280
IV 5404832,5	18,2	56 (87,5 %)	3 (4,7 %)	5 (7,8 %)	53 (96,4 %)	1 (1,8 %)	1 (1,8 %)	91,95 %	3,25 %	4,8 %	94,35 %	119

Tabelle IX.

Fallgewicht 98053 Milligramm. — Fallhöhe in Millimeter in I 10,2, II 11,2, III 12,25, IV 14,3. — Stärke des Hauptschalles 43829691 Milligrammmillimeter.

Stärke des Vergleichungsschalles in Milligrammmillimeter	Differenz beider Schallstärken in %	A. Erste Empfindung stärker	A. Zweite Empfindung stärker	A. Kein Unterschied der Empfindung	B. Zweite Empfindung stärker	B. Erste Empfindung stärker	B. Kein Unterschied der Empfindung	C. Richtig	C. Falsch	C. Kein Unterschied	C. Die unentschiedenen Fälle hälftig als richtig angenommen	Gesammtzahl der Versuche
I 43829691	0	F 8 (9,9 %)	F 18 (22,2 %)	R 55 (67,9 %)								81
II 45986857	5	R 164 (75,2 %)	F 30 (13,8 %)	U 24 (11 %)	R 158 (85,4 %)	F 16 (8,6 %)	U 11 (6 %)	80,3 %	11,2 %	8,5 %	84,55 %	403
III 48045970	10	170 (88,1 %)	10 (5,2 %)	13 (6,7 %)	187 (95,4 %)	4 (2 %)	5 (2,6 %)	91,75 %	3,6 %	4,65 %	94,07 %	389
IV 51968090	20	70 (94,6 %)	2 (2,7 %)	2 (2,7 %)	78 (100 %)	0	0	97,3 %	1,35 %	1,35 %	97,97 %	152

Tabelle X.

Fallgewicht 1025100 Milligramm. — Fallhöhe in Millimeter in I 30, II 33, III 36,3, IV 43,2. — Stärke des Hauptschalles 786251700 Milligrammmillimeter.

Stärke des Vergleichungsschalles in Milligrammmillimeter	Differenz beider Schallstärken in %	A. Stärkerer Schall zuerst			B. Schwächerer Schall zuerst			C. Mittel der Procentwerthe von A und B				Gesammtzahl der Versuche
		Erste Empfindung stärker	Zweite Empfindung stärker	Kein Unterschied der Empfindung	Zweite Empfindung stärker	Erste Empfindung stärker	Kein Unterschied der Empfindung	Richtig	Falsch	Kein Unterschied	Die unentschiedenen Fälle hälftig als richtig angenommen	
I 786251700	0	F 29 (28,4%)	F 16 (15,7%)	R 57 (55,9%)								102
II 825205500	5	R 169 (75,7%)	F 35 (15,7%)	U 19 (8,5%)	R 186 (83,0%)	F 26 (11,6%)	U 12 (5,4%)	79,35%	13,65%	6,95%	82,82%	447
III 865184400	10	170 (88,1%)	10 (5,2%)	13 (6,7%)	171 (91%)	9 (4,8%)	8 (4,2%)	89,55%	5%	5,45%	92,27%	381
IV 943092000	20	91 (97,8%)	1 (1,1%)	1 (1,1%)	90 (96,9%)	1 (1%)	2 (2,1%)	97,35%	1,05%	1,6%	98,15%	186

In der C-Gruppe der Tab. IV—X (in welcher die Einflüsse der Zeitfolge eliminirt sind), nehmen, und zwar ausnahmslos, die %-richtigen Entscheidungen mit zunehmendem Unterschied der beiden zu vergleichenden Schallstärken zu und die %-falschen Fälle ab. Auch die %-„unentschiedenen“ Fälle nehmen unter den gleichen Bedingungen ab mit bloss je einer Ausnahme in Tab. III und IV. Diese Resultate müssen nothwendig in jeder Versuchsreihe über Unterscheidungsempfindlichkeit eintreten, vorausgesetzt, dass die Zahl der Einzelversuche eine genügende ist. Das Eintreten derselben ist also ein vorläufiger Beweis (besser als sonstige theoretische Darlegungen), dass die Versuche schlussfähig sind.

Ehe wir auf die aus den Tabellen zu folgernden Hauptresultate eingehen, ist noch der Einfluss der Zeitfolge der beiden Vergleichsschalle zu erörtern. Da aber nur diejenigen aus den Tabellen gezogenen Endmittel, in welchen der in Rede stehende Einfluss eliminirt ist (also die C-Gruppe der Tabelle) für unsere Zwecke unmittelbar verwendbar sind, so beschränke ich mich auf wenige Bemerkungen über die Werthe der A- und B-Gruppen der Tabellen. Summirt man in der A-Gruppe, in welcher der erste Schall der stärkere war, die %-Zahlen der richtigen Fälle (mit Ausschluss der Vexirversuche), also im Ganzen 21 Endwerthe, so ergiebt sich als Mittelwerth 81,7%. Wird dieselbe Rechnung mit der B-Gruppe, in welcher der zweite Schall der stärkere war, ausgeführt, so ergiebt sich als Mittelwerth 89,4%. Also sind die Urtheile um 8,7% besser, wenn der stärkere Schall zuletzt gehört wurde, ein Resultat, das im allgemeinen, wenn auch nicht mit dem gefundenen prägnanten Unterschied, vorauszusehen war. Dieser Einfluss ist so gross, dass bloss in zwei Tabellen je einmal eine Ausnahme vorkommt. Auch bei den Vexirversuchen, wenn also beide Schalle gleich stark waren, macht sich dieser Einfluss geltend. Im Endmittel aus den sieben Tabellen ist die %-Zahl der richtigen Fälle 56,82, die der falschen 43,18, und zwar wurde der erste Schall in 19,49%, der zweite Schall in 23,69% aller Fälle (fälschlicherweise) als der stärkere empfunden.

Ein specielleres Eingehen auf die Einflüsse der Zeitfolge der Schalle würde uns aber von unserer Hauptaufgabe zu weit entfernen, möglicherweise bieten gerade die Vexirversuche wesentliche

Anhaltspunkte, um dieselben (was bis jetzt bei den Erörterungen über die Methode der richtigen und falschen Fälle noch nicht geschehen ist) einer theoretischen Untersuchung unterwerfen und ihre Bedeutung gegenüber den übrigen mit wirklichen Reizdifferenzen arbeitenden Versuchen näher feststellen zu können.

Tab. II giebt eine Uebersicht über die Schallstärken in den sieben Versuchsreihen. Die stärksten Schalle (Tab. X) sind derartig, dass sie dem Ohr bereits unangenehm werden; deshalb konnten an dieser Stelle der Reizscala jeweils an einem Versuchstag immer nur wenige Messungen gemacht werden. Nach Tab. II verhält sich die schwächste Schallgrösse (Tab. IV) zu der stärksten (Tab. X) wie 1 : 305563. Der schwächste Schall in objectivem Vergleichsmaass war überhaupt dem Schwellenwerth ziemlich nahe, indem seine objective Schallstärke bloss 2572 Milligrammmillimeter betrug. Deshalb kam es mehrmals vor, dass bei den Versuchen der Tab. IV einzelne Schalle von mir gar nicht gehört wurden.

Zur genaueren Beurtheilung der Empfindungsstärken in den sieben Versuchsreihen gehört noch die Kenntniss des Schwellenwerthes meiner Gehörempfindung. Die exacte Bestimmung desselben, welche 1000—1500 Versuche in Anspruch nehmen würde, ist für unser vorliegendes Thema durchaus nicht erforderlich; das etwa anderthalb Hundert Versuche (ohne 29 Vexirversuche) der nachfolgenden Tab. XI genügt zur ungefähren Bestimmung des fraglichen Werthes; zur Controle wurden auch einzelne Vexirversuche eingeschoben, in denen also kein Schall erregt wurde.

Tabelle XI.

Gewicht des Fallkörpers 6,7 Milligramm.

Schallstärke in Milligrammmillimeter	Fallhöhe des Körpers in Millimeter	%-Zahl der Entscheidungen			Zahl der Fälle	Zahl der Vexirversuche	
		Positive Empfindung	Keine Empfindung	Unentschieden		Richtig	Falsch
1394	2,2	89	11	—	39	10	—
1152	1,5	81	19	—	52	9	—
1025	1,2	60	37	3	63	10	—

Darnach kann der Schwellenwerth meiner Gehörempfindung rund auf etwa 1500 Milligrammmillimeter angenommen werden.

In Anbetracht des Materials des Fallkügelchens und der tönenden Platte, sowie des Abstandes meines Ohres von dem Aufschlagspunkt des Kügelchens (50^{cm}) und der Tageszeit, in welcher die Versuche angestellt wurden, kurz aller früher mitgetheilten speciellen Versuchsbedingungen muss ich sicherlich zu den Feinhörenden gerechnet werden.

Meine Versuche bewegen sich dem Geschilderten zufolge innerhalb der grösstmöglichsten zu derartigen Versuchen überhaupt noch brauchbaren Breite der Versuchsbedingungen. Bekanntlich giebt es (im mittleren Ohr) gewisse Schalldämpfungsvorrichtungen, die wohl auch in den Versuchen der Tab. X zur Geltung kommen konnten, so dass in letzteren die dem Labyrinth factisch zugeleiteten Erschütterungen möglicherweise etwas geringer waren, als die aus den objectiven Versuchsbedingungen berechnete entsprechende Schallstärke.

Aus den Tab. IV—X geht ohne weiteres hervor, dass in dem ganzen weiten Gebiet der von mir geprüften Reizscala die %-Zahl der richtigen Entscheidungen bei denselben Reizunterschieden im Wesentlichen dieselbe ist, dass also die Unterscheidungsempfindlichkeit gleichbleibt bei den schwächsten wie bei den stärksten Schallen. Dabei ist es im hohen Grad auffallend, dass selbst Tab. IV mit ihren ausserordentlich schwachen Schallstärken keine Ausnahme bietet, während in den übrigen Sinnesgebieten die schwächsten Reizgrössen sich bekanntlich nicht einmal annähernd dem Fechner'schen Gesetz fügen. Worin diese Bevorzugung des Gehörsinnes bei der Unterscheidung der Reizintensitäten begründet sein mag, will und kann ich nicht untersuchen; es genügt vorerst, den Thatbestand festgestellt zu haben.

Eine übersichtliche Zusammenstellung der unmittelbaren Versuchsergebnisse der sieben Tabellen muss ich aus dem Grunde unterlassen, weil in denselben die (ungefähr 5 bis 10 und 20% betragenden) Unterschiede der gebotenen Schallstärken nicht genau gleich sind. Ich kann diese Zusammenstellung um so eher unterlassen, als wir im Nachfolgenden nach den von Fechner gegebenen

Vorschriften aus den directen Ergebnissen der sieben Versuchsreihen die Grösse der Unterscheidungsempfindlichkeit berechnen und damit die vollständige Vergleichbarkeit dieser Versuchsreihen herstellen werden.

In seiner Psychophysik hat Fechner bekanntlich gezeigt, dass aus dem empirisch gewonnenen Verhältniss der richtigen (r) zur Zahl aller (n) Fälle, also aus jedem $\frac{r}{n}$, das Maass der Unterscheidungsempfindlichkeit berechnet werden kann. Man hat zu diesem Zweck in der „Fundamentaltabelle der Methode der richtigen und falschen Fälle“ (Psychophysik I 108) zu dem gefundenen $\frac{r}{n}$ den zugehörigen Werth $t = h\,D$ aufzusuchen, wobei h = Empfindlichkeitsmaass und D = Reizunterschied. Mittelst Division des in der Tabelle aufgeschlagenen t-Werthes durch das entsprechende D findet man sodann den Werth von h und ist dadurch im Stande, das Empfindlichkeitsmaass unabhängig von den angewandten Reizunterschieden festzustellen, unter der Voraussetzung, dass ausser der constanten Reizdifferenz D keine anderen constanten Nebeneinflüsse sich geltend machen. Der einzige constante Nebeneinfluss, der bei meinen Versuchen eingreifen musste, ist die Zeitfolge der beiden Vergleichsschalle; dieser Einfluss ist aber in den Werthen der C-Gruppe der Tab. IV—X vollständig eliminirt. Mit Benützung der Fechner'schen Fundamentaltabelle und der zwei, a. a. O. I 110 gegebenen, Zusatztabellen sind die Empfindlichkeitsmaasse (h) für meine sieben Versuchsreihen in Tab. XII berechnet.

Man kann zur Berechnung der h-Werthe die unmittelbaren Zahlenergebnisse der Versuche, also die richtigen (r), falschen (f) und unentschiedenen, in unserem Fall wesentlich „gleich starken“ (u) Empfindungen in verschiedener Weise verwerthen.

I. Man rechnet, wie Fechner in seiner Psychophysik verfuhr, die u hälftig zu den r und hälftig zu den f; also ist das relative Verhältniss der richtigen Fälle $= \frac{r + \frac{u}{2}}{r + f + u}$, deren zugehöriger

t-, resp. h-Werth sodann in der Fechner'schen Fundamentaltabelle aufgesucht wird.

II. G. E. Müller (Zur Grundlegung der Psychophysik. Berlin 1878) findet es principiell für richtiger (was nach dem, dem $\frac{r}{n}$ der Fundamentaltabelle entsprechenden Ansteigen der t-Werthe in der That zugegeben werden muss), wenn man zur Gewinnung der richtigen Fälle das Mittel aus den Werthen $\frac{r}{r+f+u}$ und $\frac{r+u}{r+f+u}$ verwendet, die beiden zugehörigen t-Werthe aufsucht und das Mittel des letzteren zur Bestimmung des h benützt.

III. Man könnte aber auch die u ganz weglassen und als Ausdruck für die richtigen Fälle $\frac{r}{r+f}$ benützen.

IV. Ausserdem könnte man, die u zu den falschen Fällen zählend, als Ausdruck für die richtigen Fälle $\frac{r}{r+f+u}$ nehmen. Auch für diese beiden letzteren Auffassungsweisen liessen sich plausible Gründe anführen.

Wie man übrigens verfahren wollte, so werden dadurch die Endresultate in der Regel schon in ihren absoluten Werthen nicht bedeutend beeinflusst, da die u-Fälle doch nur verhältnissmässig sparsam vorkommen; wenn es sich gar um blosse Vergleichbarkeit der Resultate handelt, so tritt der Einfluss dieser verschiedenen Berechnungsweisen noch viel mehr zurück. Auch dürften bei der Entscheidung über die beste Berechnungsweise der Versuchszahlen neben rein theoretischen auch sachliche, auf die speciellen Versuchsbedingungen und vor Allem die Natur des betreffenden Sinnesgebietes basirte Erwägungen maassgebend sein.

Tab. XII beschränkt sich auf die Berechnung der h-Werthe nach dem Fechner'schen und dem Müller'schen Verfahren. Ich brauche kaum zu bemerken, dass es für die Kritik des Fechner'schen Gesetzes gleichgültig ist, ob man die Schallstärken nach dem älteren Verfahren mit mc^2 oder, wie es sicherlich allein richtig ist, mit mc in Rechnung bringt.

Tabelle XII.

Berechnung der Empfindlichkeitsmaasse (h) bei der Unterscheidung der Schallstärken.

Schallstärke in Milligramm-millimeter		Nach Fechner.			Nach G. E. Müller.	
	Kleinste Schall-differenz	Mittlere Schall-differenz	Grösste Schall-differenz	Kleinste Schall-differenz	Mittlere Schall-differenz	Grösste Schall-differenz
IV 2572,6	13,30	8,298	5,696	13,448	8,694	5,746
V 7098	15,31	9,90	6,09	15,395	10,168	6,256
VI 53436	14,575	9,08	6,32	14,82	9,435	6,62
VII 294039	9,24	7,88	5,98	9,472	8,0	6,566
VIII 4404832,5	11,51	9,277	6,158	12,1	9,59	6,31
IX 43829691	14,388	11,036	7,24	14,626	11,27	7,316
X 786251700	13,436	10,066	7,375	13,524	10,257	7,502

Aus Tab. XII geht hervor, dass in sämmtlichen sieben Versuchsreihen die für einen und denselben %-Reizunterschied berechneten h-Werthe Abweichungen bieten, die von der absoluten Stärke des Schalles durchaus unabhängig sind; die h-Werthe zeigen in der That nach keiner bestimmten Richtung eine regelmässige Abänderung. Ihre gänzlich zufälligen Abweichungen sind demnach nur durch die beschränkte Anzahl der Versuche und auch wohl durch unbekannte, jedoch nur untergeordnete Nebeneinflüsse bedingt.

Das Fechner'sche Gesetz erhält demnach auf dem Gebiet der Schallstärkeunterscheidung seine vollständige und buchstäbliche Bestätigung. Der eben merkliche Empfindungsunterschied bleibt sich also in der ganzen akustischen Reizintensitätsscala gleich, wenn der relative Reizunterschied gleichbleibt.

Die aus den sieben Versuchsreihen berechneten Endmittel der h-Werthe für die drei Schallstärkedifferenzen sind

nach Fechner'scher Berechnung: 13,113, 9,362, 6,408,
„ Müller'scher „ 13,341, 9,360, 6,616.

Die Endmittel der in den sieben Versuchsreihen angewandten drei Schallstärkedifferenzen verhalten sich sehr annähernd, wie 1 : 2 : 4 oder genau wie

$$0{,}0492 = 1 \qquad 0{,}09614 = 1{,}96 \qquad 0{,}1886 = 3{,}84.$$

Die h-Werthe (nach Fechner'scher oder Müller'scher Berechnung) aber verhalten sich, worauf mich Herr Professor Fech-

ner, dem die Resultate nach Abschluss meiner Versuche vorgelegt wurden, aufmerksam machte, wie

$$1 : \frac{1}{\sqrt{1,96}} : \frac{1}{\sqrt{3,84}}$$
$$1 : \quad 0,7143 : 0,5104$$

Also verhalten sich die h-Werthe wie die Reciproken der Quadratwurzeln der Reizstärkedifferenzen.

Man hätte zu schreiben für die

nach Fechner berechneten h-Werthe: 12,925 : 9,232 : 6,596 [1])
„ Müller „ „ 13,112 : 9,365 : 6,692.

Demnach ist die Uebereinstimmung zwischen den gefundenen und den berechneten h-Werthen eine so vollständige, dass die in Anbetracht der Natur der Experimente geringen Abweichungen gar nicht in Frage kommen können.

Die Abweichungen der berechneten von den gefundenen h-Werthen betragen nämlich:

für die Fechner'sche Methode: $-\frac{1}{69} : -\frac{1}{72} : +\frac{1}{34}$,
„ „ Müller'sche „ $-\frac{1}{58} : +\frac{1}{1872} : +\frac{1}{87}$.

Die nach Müller berechneten Werthe zeigen somit noch kleinere Abweichungen zwischen Rechnung und Beobachtung; immerhin sind die Unterschiede so gering, dass auch nach dem Fechner'schen Verfahren das hier zu Grunde liegende Gesetz mit aller Exactheit hervorgeht. G. E. Müller geht also viel zu weit, wenn er die Fechner'sche Berechnungsweise als „unrichtig" bezeichnet[2]).

1) Da das Mittel aus $13,113 - \frac{9,362}{0,7143} - \frac{6,408}{0,5104} = 12,925$ und aus $13,341 - \frac{9,360}{0,7143} - \frac{6,616}{0,5104} = 13,112$ ist.

2) Ueber die im hiesigen physiologischen Institut angestellten Tastsinnsmessungen sagte unlängst (Pflüger's Archiv Bd. 19, S. 231) G. E. Müller: „es sind alle Werthe, die Vierordt, Paulus, Riecker und Hartmann für die relativen Feinheitsmaasse des Ortssinnes der verschiedenen Hautgegenden berechnet haben, als unrichtig berechnet zu betrachten," fügt aber in demselben Satz hinzu: „womit nicht gesagt sein soll (!), dass die Anwendung des Verfahrens III (d. h. der von Müller empfohlenen Berechnungsweise) ganz wesentlich andere Resultate gewinnen lassen werde, als jene Forscher abgeleitet haben." Denselben Zusatz hätte Herr Müller auch seiner früheren Kritik der Fechnerschen Berechnungsmethode hinzufügen sollen! Es ist in der That gleichgiltig, ob man nach Müller oder nach Fechner, resp. Vierordt, rechnen will. Die Differenzen sind nicht der Rede werth. Vierordt.

Der Umstand, dass ich in jeder Versuchsreihe mit drei verschiedenen Schallstärkedifferenzen experimentirte, führte somit zum Nachweis einer für unser Sinnesgebiet sehr bemerkenswerthen Thatsache, deren weitere Würdigung im psychophysischen Interesse jedoch über meine Kräfte geht. In seinen principiell so maasgebenden Gewichtsversuchen fand bekanntlich Fechner, dass die Unterscheidungsempfindlichkeit (h) gleich bleibe bei grösseren oder geringeren Unterschieden der zu hebenden Gewichte. Auf einigen anderen Sinnesgebieten ist man zu ähnlichen oder doch annähernd ähnlichen Resultaten gekommen.

Ich erhielt, wie oben erwähnt, jeweils im Wesentlichen gleiche h-Werthe für denselben procentigen Reizunterschied, unabhängig von der absoluten Reizstärke. Aber die nach der Fechner'schen Fundamentaltabelle berechneten h-Werthe zeigen die oben erwähnte, streng gesetzmässige Abnahme mit zunehmender Differenz der Reizstärken.

Die den drei mittleren h (13,341 — 9,36 — 6,6, um mich auf die Müller'sche Berechnung zu beschränken) entsprechenden t-Werthe erhält man, indem man die h mit den zugehörigen %-Reizdifferenzen, die sich wie 1 : 1,96 : 3,84 verhalten, multiplicirt. Daraus folgt aber, dass die t, welche gegebenen Differenzen angehören, sich wie die Quadratwurzeln dieser Differenzen verhalten, da

$$13{,}341 \times 1 : 9{,}36 \times 1{,}96 : 6{,}616 \times 3{,}84 = 1 : \sqrt{1{,}96} : \sqrt{3{,}84}.$$
$$1 \qquad 1{,}374 \qquad 1{,}904 \quad = 1 : \quad 1{,}40 : \quad 1{,}959$$

Wir haben nun die Wahl, um dem Gesetz der t zu entsprechen, h als veränderlich anzusehen und mit der einfachen Reizdifferenz zu multipliciren, was aber den Erfahrungen auf anderen Sinnesgebieten widersprechen würde und wohl von vornherein als unannehmbar erscheint, oder, was sicherlich allein richtig ist, h als constant anzunehmen und jeweils mit der Wurzel aus der Reizdifferenz zu multipliciren.

Man hat deshalb, bei der Berechnung der Unterscheidungsempfindlichkeit für Schallstärken aus den Versuchsresultaten, die Fechner'sche Fundamentaltabelle in anderer Weise als in den übrigen Sinnesgebieten in Verwendung zu bringen und statt $h = \frac{t}{D}$ vielmehr $h = \frac{t}{\sqrt{D}}$ zu setzen.

Ueber die Richtung städtischer Strassen nach der Himmelsgegend und das Verhältniss ihrer Breite zur Häuserhöhe, nebst Anwendung auf den Neubau eines Kantonsspitals in Bern.

Von

Adolf Vogt

in Bern.

In allen städtischen Bauprogrammen, welche von hygienischer Seite aufgestellt werden, ist das Verlangen nach Luft und Licht ein stehender Artikel. Von der Sonnenwärme, deren Strahlen uns mit ihren Lichtstrahlen zugehen, ist dabei kaum je die Rede, und doch ist es allgemeine Erfahrung, dass der Mensch bei der Auswahl einer Wohnstätte weit mehr die Wärme des Sonnenstrahls sucht, als dessen Licht. Das letztere geht ihm ohnehin durch die Diffusion in der Atmosphäre zu, auch wenn er sich von der directen Bestrahlung abkehrt; die strahlende Wärme muss er aber gänzlich entbehren, wenn er sich der directen Insolation entzieht. Das intensivste elektrische Licht, welches an Helligkeit mit der Sonne wetteifert, muthet die Menschen seiner Kälte wegen weit weniger an, als ein loderndes Feuer, welches sein Licht zugleich mit belebenden Wärmestrahlen entsendet. Wir pflegen Alle, sonnige Wohnungen zu suchen, während diejenigen, deren Beschäftigung helles Tageslicht verlangt, wie Maler, Zeichner, Bildhauer u. s. w. mit ihren Arbeitsräumen geradezu dem directen Sonnenstrahl entfliehen, dabei aber nicht minder zur Wohnung die Sonnseite der Gebäude ihrer Schattseite vorziehen. Wenn wir mit Vorliebe von der Sonne beschienene Wohnungen aufsuchen, so geschieht dies also allein ihrer Wärmestrahlen wegen; ihre directen Lichtstrahlen bestreben wir uns sogar, zur Schonung unseres Sehorganes, möglichst abzuhalten. Nun ist es sicher gerade kein rühmliches

Zeugniss für unsere Culturverhältnisse, dass sich die Gesundheitspflege immer noch abmühen muss, um nicht dem städtischen Bewohner wenigstens das nöthige indirecte Licht der Tageshelle durch eine mangelhafte Bauordnung verkümmern zu lassen. Gleichwohl darf sie in diesem Kampfe nicht einseitig werden und die grosse Bedeutung der Insolationswärme für unsere Wohnstätten so ganz unberücksichtigt lassen, wie dies gegenwärtig der Fall ist. Immer noch lag einem vielleicht ganz unbewussten Triebe, wenn er sich in der Bevölkerung so unzweideutig und allgemein kundgiebt, wie hier, eine reelle Wahrheit zu Grunde, deren Erforschung und Befriedigung die Aufgabe der Wissenschaft und der Behörden sein muss. Auf Sparsamkeitsrücksichten kann dieser Zug nach sonnigen Wohnungen wohl nicht zurückgeführt werden, da wir bei unserer künstlichen Wärmeerzeugung für Heizung, Kochen, Waschen, Baden u. s. w. uns durchaus nicht scheuen, bei weitem den grössten Theil der erzeugten Wärme unbenutzt verloren gehen zu lassen. Auch drängt sich vorwiegend die besitzende Klasse, welcher es auf ein Scheit Holz mehr oder weniger nicht gerade ankommt, zu den sonnigen Wohnungen, während der Arme, welcher weit empfindlicher unter dem Mangel an Heizmaterial leidet, weit weniger wählerisch in dieser Beziehung ist. Ich spreche hier natürlich nur von unseren Klimaten in der nördlichen Hälfte der gemässigten Zone. Durch die in der Neuzeit so sehr geförderte Kenntniss von den Porositätsverhältnissen des Baumaterials, dessen Diffusionsvermögen für die Luft und Wärmeleitung, je nach Trockenheit und Wassergehalt, werden uns schon sehr deutliche Winke gegeben, auf welche Ursachen jener unbewusste Trieb des feinfühligeren Culturmenschen bei der Auswahl seiner Wohnstätte zurückzuführen ist. Ich werde noch einmal im Verlaufe dieser Arbeit auf diesen Umstand zurückkehren müssen.

Will man genauer die Verhältnisse der Insolation präcisiren, so bedarf es vor allem hierzu der Orientirung über die Stellungen der Sonne am scheinbaren Himmelsgewölbe, mit anderen Worten: der mathematischen Bestimmung der Einfallswinkel ihrer Wärmestrahlen in den verschiedenen Tages- und Jahreszeiten. Für unseren Zweck genügt es hierbei vollständig und erleichtert den

mathematischen Ausdruck, wenn man von der Ausdehnung der Sonnenscheibe absieht und den Standpunkt des Beobachters in den Mittelpunkt der Erde verlegt denkt, weil beide Umstände zu geringe Differenzen bei der Berechnung erzeugen, als dass sie für den Zweck, welchen wir hier verfolgen, irgend ins Gewicht fielen.

Es möge in der Fig. 1 die Ebene *OSWN* die Horizontalebene des Beobachters in *C* darstellen und die Buchstaben derselben die vier Himmelsgegenden bedeuten. Begrenzt wird dieselbe durch

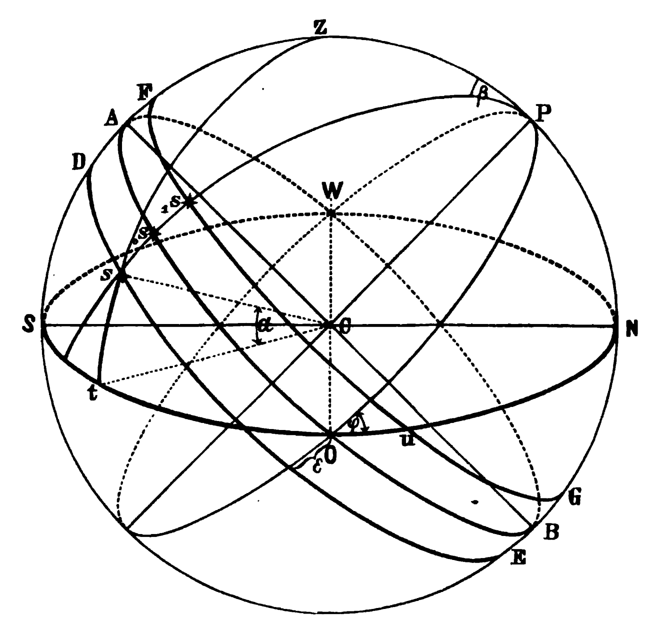


Fig. 1.

das Himmelsgewölbe *SZN*. *Z* sei der Zenith, *P* der Nordpol, *PC* die Himmelsachse und *AOB* der senkrecht auf der Meridianebene *OPW* stehende Himmelsäquator. Die Parallelkreise *DE* und *FG* stellen die Wendekreise dar, welche um die „Schiefe der Ekliptik“ vom Aequator abstehen: $\varepsilon = s_0 s = s_0 s_1 = 23^0\,27'\,15{,}2''$ bezeichne diese letztere. Die Polhöhe *PCN*, welche zugleich der Ausdruck des geographischen Breitegrades ist, sei gleich φ^0. Die Sonne stehe in *s* auf dem südlichen Wendekreise, wo sie am kürzesten Tage des Jahres (21. Dec.) den Tageskreis *EsD* am Himmelsgewölbe beschreibt. Zur gleichen Tageszeit würde sie in

den Aequinoctien (21. März und 21. Sept.) in s_0 auf dem Aequator stehen und am längsten Tage (Sommersolstitium, 21. Juni) in s_1 auf dem nördlichen Wendekreis: die entsprechenden Tageskreise wären Os_0A und us_1F. Es stellt nun $DPs = \beta^0$ den Stundenwinkel der Sonne in s dar; und der Höhenwinkel $sCt = \alpha^0$ sei der zu bestimmende Einfallswinkel der Sonnenstrahlen.

Ein bekannter Satz der sphärischen Trigonometrie ergiebt nun für das Dreieck sZP:

$$\cos Zs = \cos ZP \cdot \cos Ps + \sin ZP \cdot \sin Ps \cdot \cos \beta$$

oder, da $Zs = 90^0 - \alpha$ und $ZP = 90^0 - \varphi$ ist:

$$\sin \alpha = \sin \varphi \cdot \cos Ps + \cos \varphi \cdot \sin Ps \cdot \cos \beta.$$

Da ferner Ps die Declination der Sonne ist, welche man für jeden beliebigen Zeitpunkt den Ephemeriden entnehmen kann, so wäre hiermit der Einfallswinkel α bestimmt, wenn man über den betreffenden Stundenwinkel β, welchen man wählt, übereingekommen ist. Ich will nun vorgreifend — weiter unten sollen die Gründe hierfür entwickelt werden — die Forderung eines vierstündigen Stundenwinkels stellen, d. h. einer Insolationszeit von Vormittags 10 Uhr bis Nachmittags 2 Uhr, wofür $\beta = 30^0$ ist, wenn man dieselben, wie gebräuchlich, vom Meridian $PZDS$ aus zählt.

Da ferner für unsern Zweck die Betrachtung der Grenzstellungen der Sonne in den Wendekreisen genügt, so können wir auch des Nachschlagens in den Ephemeriden entbehren, indem wir nur die Mittelstellung der Sonne im Aequator, bei welcher ihre Declination 90^0 ist, und ihre Lage in den Wendekreisen, wo die Declination $(90^0 + \varepsilon)$ oder $(90^0 - \varepsilon)$ ist, ins Auge fassen. Wir erhalten alsdann aus der obigen Formel folgende drei Gleichungen:

für die Zeit der Aequinoctien (21. März und 21. Sept.):

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cdot \cos \beta \;.\;.\;.\;. \qquad (A)$$

für den kürzesten Tag (21. Dec.):

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \varepsilon - \sin \varphi \cdot \sin \varepsilon \;.\;.\;.\;. \qquad (B)$$

für den längsten Tag (21. Juni):

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cdot \cos \beta \cdot \cos \varepsilon + \sin \varphi \cdot \sin \varepsilon \;.\;.\;.\;. \qquad (C)$$

Berechnet man daraus, unter der obigen Voraussetzung von $\beta = 30^0$, eine Tabelle für α in den verschiedenen Breiten der

gemässigten Zone, so erhält man folgende Werthe für den Einfallswinkel α der Sonnenstrahlen Vormittags 10 Uhr und Nachmittags 2 Uhr:

	am kürzesten Tage			in den Aequinoctien			am längsten Tage		
Unter dem 40. Grad geogr. Breite ist α =	20°	39′	23″	41°	33′	39″	59°	49′	9″
„ „ 45. „ „ „ „ „ =	16	16	49	37	45	41	57	28	53
für Bern (φ = 46° 57′) . . . . =	14	33	55	36	14	27	56	25	40
Unter dem 50. Grad . . . . . . =	11	52	30	33	49	33	54	38	40
„ „ 55. „ . . . . =	7	26	59	29	47	2	51	25	8
„ „ 60. „ . . . . =	3	0	43	25	39	32	47	53	45

Man sieht schon aus dieser Tabelle, dass die Annahme von mindestens 45° Einfallswinkel, wie sie der „Deutsche Verein für öffentliche Gesundheitspflege“ für das diffuse Tageslicht als Baunorm aufgestellt hat[1]), in der grossen Mehrzahl der Fälle ganz ungenügende Verhältnisse der Insolation schafft. Versetzt man sich z. B. in die Mitte der gemässigten Zone auf den 45. Breitegrad, so wird die Schattenlänge nur bei Tag- und Nachtgleiche und nur um Mittagszeit der Höhe des Schatten gebenden Gegenstandes gleich sein. In Strassen, welche von Ost nach West laufen und eine Breite haben, welche der Häuserhöhe gleich ist, wird daher zu jener Zeit die Fusslinie der Sonnseite von den Sonnenstrahlen nur blitzartig einen Augenblick berührt, während durch die ganze Winterhälfte des Jahres dies nie mehr geschieht, und am kürzesten Tage beinahe $^2/_5$ von der Höhe der Häuserreihe auf der Sonnseite, sogar um Mittag noch, im Schatten bleibt.

Die Frage, eine wie lange Insolationszeit vom hygienischen Standpunkt aus für menschliche Wohnungen zu constatiren sei, kann kaum allgemein entschieden werden, weil die meteorologischen Verhältnisse hier den Ausschlag zu geben haben und diese die so ausserordentlich verschiedenen klimatischen Eigenthümlichkeiten bedingen. Der Südländer baut sein Haus zum Schutze gegen die Sonne, weil er den grösseren Theil des Jahres von einer zu starken Insolation zu leiden hat; der Nordländer befindet sich im umgekehrten Falle und sucht in den höchsten

1) Deutsche Vierteljahrsschrift für öffentl. Gesundheitspflege, Bd. 7 S. 59 und Bd. 8 S. 128.

Breitegraden durch Eingraben in den Boden die Erdwärme auszunutzen, während der Bewohner der gemässigten Zone vor allem der Sonnenwärme zustrebt. Der Letztere sucht sie aber besonders in der kalten Jahreszeit, in welcher die Zeit des ungünstigsten Insolationsverhältnisses, nämlich der kürzeste Tag am 21. December, die Grundlage zur Feststellung unserer Minimalforderung an Sonnenlicht und Sonnenwärme abgeben muss. Wenn ich mich daher in dieser Arbeit nur auf unsere Breiten beschränke, so genügt es zur Lösung der vorliegenden Frage, wenn ich diesen Tag ausschliesslich ins Auge fasse und die Insolationsverhältnisse in den andern Jahreszeiten einstweilen unberücksichtigt lasse; hat man den Bewohnern eines Hauses den grösstmöglichen Genuss der Sonnenwärme am kürzesten Tage verschafft, so ist auch für alle übrige Zeit in dieser Beziehung für sie gesorgt. Aber nur dem freistehenden Hause kann dieser Genuss in vollem Maasse gewährt werden, und der Städtebewohner muss sich hier Beschränkungen gefallen lassen; dennoch dürfen diese Beschränkungen nicht ein Maass erlangen, welches jenen Genuss illusorisch macht. Eine Insolation, welche sich nur auf wenige Augenblicke beschränkt, ist in praxi gänzlich werthlos, und es scheint mir daher eine Minimalforderung zu sein, wenn man auf einer vierstündigen Insolationszeit abstellt, von welcher den Bewohnern von Ost- und Westfronten doch nur die Hälfte zu Gute kommt. Einer weitergehenden Anforderung würde, wie ich glaube, in städtischen Verhältnissen nicht Genüge geleistet werden können; sie würde aber auch dadurch illusorisch gemacht, dass in jenen Zeiten, in welchen wir die Abwesenheit der Sonnenwärme am stärksten empfinden, meistens die Nebel einen Zutritt der Sonnenstrahlen von 10 Uhr Vormittags verwehren. Die Hauptfrage wird daher für uns sein, ob wir dieses Programm auch bei der Gründung von Städten und dem Neubau städtischer Quartiere erfüllen können. Gleichwohl will ich nicht unterlassen, auch für andere Insolationszeiten die nachfolgende Tabelle für den Einfallswinkel α unter verschiedenen Breitegraden der gemässigten Zone zu berechnen und die betreffenden Schattenlängen anzugeben, damit man sich auch für andere Klimate und andere hygienische Anforderungen orientiren könne.

Grösse des Einfallswinkels α der Sonnenstrahlen für verschiedene tägliche Insolationszeiten in verschiedenen geogr. Breiten φ, und Verhältniss der Höhe H eines Schattengegenstandes zur Maximallänge l des Schattens.

für eine tägliche Insolationszeit	$\varphi = 40^0$		$\varphi = 45^0$		$\varphi = 50^0$		$\varphi = 55^0$		$\varphi = 60^0$	
	Einfalls-winkel $\alpha =$	H zu l wie 1 zu:	Einfalls-winkel $\alpha =$	H zu l wie 1 zu:	Einfalls-winkel $\alpha =$	H zu l wie 1 zu:	Einfalls-winkel $\alpha =$	H zu l wie 1 zu:	Einfalls-winkel $\alpha =$	H zu l wie 1 zu:
von 10 Min.	26° 32′ 6″	2,003	21° 32′ 13″	2,534	16° 32′ 15″	3,368	11° 32′ 19″	4,898	6° 32′ 22″	8,723
„ 20 „	26 27 43	2,009	21 28 16	2,542	16 28 48	3,380	11 29 18	4,920	6 29 47	8,782
„ 40 „	26 22 29	2,017	21 23 38	2,553	16 24 42	3,395	11 25 43	4,947	6 26 40	8,853
„ 1 Stunde	26 9 41	2,036	21 12 16	2,578	16 14 40	3,432	11 16 58	5,012	6 19 10	9,030
„ 1 St. 20 Min.	25 51 50	2,063	20 56 24	2,613	16 0 40	3,485	11 4 43	5,107	6 8 39	9,290
„ 1 „ 40 „	25 29 1	2,098	20 36 6	2,660	15 42 44	3,555	10 49 2	5,234	5 55 9	9,645
„ 2 Stunden	25 1 19	2,143	20 11 26	2,719	15 20 54	3,643	10 29 58	5,396	5 38 43	10,117
„ 2 St. 20 Min.	24 28 51	2,196	19 42 28	2,792	14 55 16	3,753	10 7 30	5,600	5 19 22	10,733
„ 2 „ 40 „	23 51 42	2,261	19 9 18	2,879	14 25 53	3,886	9 41 45	5,853	4 57 10	11,540
„ 3 Stunden	23 10 3	2,337	18 32 2	2,983	13 52 50	4,047	9 12 45	6,166	4 32 9	12,606
„ 3 St. 20 Min.	22 23 0	2,428	17 50 47	3,106	13 16 11	4,240	8 40 35	6,553	4 4 22	14,045
„ 3 „ 40 „	21 33 44	2,531	17 5 41	3,252	12 36 3	4,473	8 5 17	7,037	3 33 52	16,054
„ 4 Stunden	20 39 23	2,653	16 16 49	3,424	11 52 30	4,756	7 26 59	7,648	3 0 43	19,005
„ 4 St. 20 Min.	19 41 8	2,795	15 24 13	3,630	11 4 8	5,112	6 45 43	8,434	2 24 59	23,697
„ 4 „ 40 „	18 39 8	2,963	14 28 24	3,874	10 15 41	5,524	6 1 36	9,472	1 46 44	32,197
„ 5 Stunden	17 33 33	3,160	13 29 6	4,170	9 22 36	6,056	5 14 42	10,893	1 6 3	52,045
„ 5 St. 20 Min.	16 24 34	3,396	12 26 38	4,532	8 26 34	6,737	4 25 8	12,941	0 22 51	150,458
„ 5 „ 40 „	15 12 20	3,679	11 21 4	4,981	7 24 40	7,688	3 32 58	16,122		
„ 6 Stunden	13 32 54	4,150	10 12 35	5,552	6 26 44	8,852	2 38 19	21,699		
„ 6 St. 20 Min.	12 38 47	4,457	9 1 17	6,298	5 21 51	10,650	1 41 16	33,940		
„ 6 „ 40 „	11 17 46	5,006	7 47 21	7,311	4 15 7	13,451	0 41 55	82,026		
„ 7 Stunden	9 54 8	5,728	6 30 52	8,757	3 5 59	18,466				
„ 7 St. 20 Min.	8 28 2	6,717	5 11 59	10,989	1 54 36	29,988				
„ 7 „ 40 „	6 59 35	8,153	3 50 50	14,867	0 41 2	83,772				
„ 8 Stunden	5 28 56	10,419	2 27 32	23,287						

Halte ich an dem oben aufgestellten Programm fest, so vereinfacht sich die Berechnung bedeutend, da alsdann in der Formel (B) nur noch derjenige Factor variabel bleibt, welcher die geographische Breite φ angiebt. Es ergiebt sich nämlich alsdann:

$$\sin \alpha = \cos \varphi \cdot \cos (30^0) \cdot \cos (23^0 27' 15{,}2'') - \sin \varphi \cdot \sin (23^0 27' 15{,}2'')$$

oder:

$$\sin \alpha = 0{,}794473 \cdot \cos \varphi - 0{,}398016 \cdot \sin \varphi \ldots . \quad \text{(D)}$$

Es lässt sich aus dieser Formel unter Anderem berechnen, dass, unter der Voraussetzung einer vierstündigen Insolationszeit am kürzesten Tage, ein Einfallswinkel der Sonnenstrahlen von 45^0 erst in einer geographischen Breite von $0^0\ 14'$, das wäre etwa 26 km vom Aequator entfernt, zu erreichen wäre. Es bietet sich nun keine Schwierigkeit, aus dem Einfallswinkel α die Länge der geworfenen Schatten zu bestimmen. Bezeichnet man diese Schattenlänge am horizontalen Boden mit l und die verticale Höhe des schattenwerfenden Gegenstandes mit H, so ist:

$$l = H \cdot \cot \alpha \ldots . \quad \text{(E)}$$

Es verhält sich daher die Höhe des Schattengegenstandes H zur Schattenlänge l:

unter dem 40. Breitegrad:	$H : l = 1 :$	2,6525
„ „ 45. „	$H : l = 1 :$	3,4241
in Bern	$H : l = 1 :$	3,8486
unter dem 50. Breitegrad:	$H : l = 1 :$	4,7556
„ „ 55. „	$H : l = 1 :$	7,6476
„ „ 60. „	$H : l = 1 :$	19,0053

Aus der Schattenlänge lässt sich alsdann die Strassenbreite in ihrem Verhältniss zur Häuserhöhe bei jeder beliebigen Strassenrichtung bestimmen. Denkt man sich im Punkt O der Fig. 2 eine verticale Stange aufgerichtet, welche bei dem Sonnenstand in s einen Schatten Oa wirft, dessen Länge am Boden l sei, so mag die Linie AC den Grundriss einer verticalen Wand von der Höhe H darstellen. Alsdann wird der Schatten dieser Wand durch die Linie DE begrenzt, und eine auf dieser aufgerichtete Verticalwand von gleicher Höhe wird in ihrer ganzen Aus-

dehnung von der Sonne beschienen sein. Bezeichnet man nun die Entfernung ac beider Linien von einander mit B, ferner den Neigungswinkel AOSüd der Wand AC gegen den Meridian mit δ, den

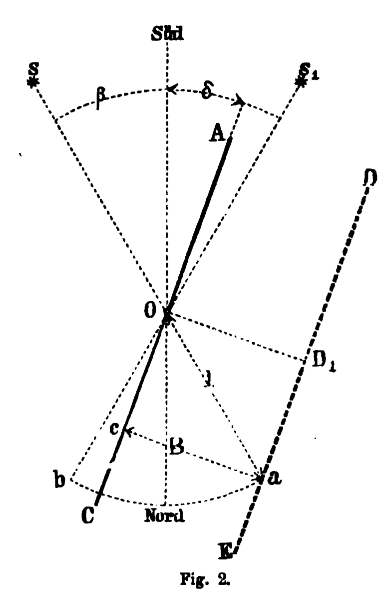


Fig. 2.

Stundenwinkel sOSüd wie oben mit β, so ist $\vee cOa = \vee AOs = (\beta + \delta)$ und folglich:

$$B = l \cdot \sin(\beta + \delta) \ldots.$$

oder nach Einsetzung des Werthes von l aus Formel (E):

$$\frac{B}{H} = \sin(\beta + \delta) \cdot \cot \alpha = \sin(30^0 + \delta) \cot \alpha, \ldots. \quad \text{(F)}$$

womit das Verhältniss von Strassenbreite zur Häuserhöhe gegeben wäre. Bei der Anwendung dieser Formel in der Praxis darf man jedoch nicht vergessen, dass B nur in den Fällen die effective Strassenbreite ausdrückt, wenn die äusserste Begrenzung des Schattens durch die oberste Kante der Hausfront bewirkt wird, wie dies bei flachen oder annähernd flachen Dächern der Fall ist. Sobald die Neigung der Dachfläche grösser wird als der Einfallswinkel α, begrenzt die Höhenlinie des Firstes den am Boden geworfenen Schatten, und man muss alsdann, um die effective Strassenbreite zu bekommen, die halbe Haustiefe von B abziehen.

Will man sich nun die Verhältnisse, wie sie sich nach Formel F gestalten, vergegenwärtigen, so geschieht dies am besten durch Anwendung derselben auf die extremen Strassenrichtungen. Wenn man die von Nord nach Süd laufenden Strassen als meridionale Strassen und die dem Aequator parallel laufenden als äquatoriale Strassen bezeichnet, so erhält man für meridionale Strassen, bei welchen $\delta = 0$ ist:

$$\frac{B}{H} = \frac{\sin (30^0)}{\tang \alpha} = {}^1/_2 \cot \alpha,$$

und für äquatoriale Strassen ($\delta = 90^0$):

$$\frac{B}{H} = \frac{(\cos 30^0)}{\tang \alpha} = \sqrt{{}^3/_4} \cdot \cot \alpha,$$

woraus sich unter verschiedenen Breiten folgende Verhältnisse zwischen Häuserhöhe und Strassenbreite ergeben:

	bei meridionalen Strassen	bei äquatorialen Strassen
unter dem 40. Breitegrad verhält sich	$H:B = 1:1{,}3263$	$= 1:\ 2{,}2971$
„ „ 45 „ „ „	$H:B = 1:1{,}7121$	$= 1:\ 2{,}9654$
in Bern . . . . . . „ „	$H:B = 1:1{,}9243$	$= 1:\ 3{,}3333$
unter dem 50. Breitegrad „ „	$H:B = 1:2{,}3778$	$= 1:\ 4{,}1184$
„ „ 55. „ „ „	$H:B = 1:3{,}8238$	$= 1:\ 6{,}6230$
„ „ 60. „ „ „	$H:B = 1:9{,}5027$	$= 1:16{,}4591$

Wenn wir also die Höhen der Gebäude anwachsen lassen, bis sie der Strassenbreite gleich sind, so erreichen wir in unseren Breiten nie die volle Insolation einer Häuserreihe zu der Zeit, wo wir sie am nöthigsten haben. Höchst bedeutsam wird das Verhältniss, wenn wir eine Strassenrichtung wählen, welche um 30° von dem Meridian abweicht, oder, mit anderen Worten, wenn wir den Winkel $\delta = \beta$ setzen, weil sich alsdann genau die gleiche Formel ergiebt, welche wir soeben für die äquatorialen Strassen gefunden haben. Die letzteren verurtheilen die Hälfte ihrer Bewohnerschaft, welche die Nordfront der Häuserreihen bewohnen, zu absoluten Schattenwohnern, beinahe in gleichem Maasse aber auch alle Strassen, welche um mehr als den halben Stundenwinkel der angenommenen

Insolationszeit von dem Meridian abweichen. Es ist daher schwer begreiflich, wie man darauf verfallen konnte, eine Strassenrichtung anzuempfehlen, welche die Mitte zwischen der äquatorialen und meridionalen einhält und von Südwest nach Nordost geht. Ich werde übrigens das Werthverhältniss meridionaler Strassen gegenüber den äquatorialen vom hygienischen Standpunkt aus weiter unten noch eingehender besprechen.

In Strassen, welche den obigen Principien nicht entsprechen, lässt sich übrigens leicht berechnen,, wie gross die Schattenflächen sind, welche bei verschiedenen Strassenrichtungen auf den Sonnseiten vorhanden sind und der wievielte Theil der Bewohner auf den Sonnseiten der Strassen noch zu den temporären oder bleibenden Schattenwohnern zu rechnen ist.

Wenn in Fig. 2 eine Strasse $OCED_1$ gegeben ist, deren Länge OC mit L und deren Breite ca mit B bezeichnet ist, während L_0 die Länge des beschatteten Theiles aE der Häuserfront bedeutet, so ergiebt das $\triangle\, Oca$:

$$\vee\, cOa = \vee\, AOs = (\beta + \delta) \text{ und } Oc = B \cot(\beta + \delta)$$

und da $aE = cC = L - Oc$:

$$L_0 = L - B \cdot \cot(\beta + \delta); \ldots . \qquad \text{(G)}$$

oder, wenn (L_0) die beschattete Länge auf der entgegengesetzten Häuserfront bedeutet:

$$(L_0) = L - B \cdot \cot(\beta - \delta).$$

Nach der Bestimmung der Schattenlänge wäre nun noch seine Höhe an der insolirten Wand zu berechnen. Stellen z. B. Ap und mn in Fig. 3 zwei Häuserreihen im Aufriss (in der Richtung des Schattens) dar, deren respective Firsthöhen H und H_1 sein mögen, ferner Ae den Sonnenstrahl, der unter dem Winkel α einfällt, und $fe = l$ die Länge des horizontalen Schattens, so ist $Af = l \cdot \text{tang}\, \alpha$, während nach Formel F $l = \dfrac{B}{\sin(\beta + \delta)}$ ist. Ist nun $h = en = H - Af$ die gesuchte Höhe des

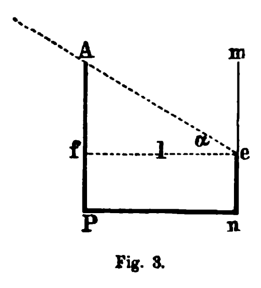


Fig. 3.

Schattens an der Wand *mn* und *h* das Gleiche auf der Wand *Ap*, so hat man:

$$h = H - B \frac{\text{tang } \alpha}{\sin (\beta + \delta)}$$

und

$$(h) = H_1 - B \frac{\text{tang } \alpha}{\sin (\beta - \delta)}.$$

Mit Hilfe dieser vier Formeln für L_0, (L_0), h und (h) lässt sich nun in jeder Strasse das Schattengebiet genau umgrenzen und bei der Planirung einer solchen zum voraus bestimmen, damit das Schattenstück zu anderem Gebrauch ausersehen werde, als zur bleibenden Wohnstätte für Menschen.

Wie gestaltet sich nun das Schattenverhältniss in einer Strasse, welche die Richtung von Südwest nach Nordost hat?

Ich will ein praktisches Beispiel geben, um das Verhältniss anschaulich zu machen. Es sei in der Stadt Bern eine solche Strasse, für welche $\delta = 45^0$ und also $\beta + \delta = 75^0$ ist; ihre Länge messe $L = 400^{\text{m}}$, ihre Breite $B = 20^{\text{m}}$ und die Höhe ihrer Häuserreihen $H = 20^{\text{m}}$. Aus der Tafel auf S. 325 ergeben sich die Werthe des Einfallswinkels α für die verschiedenen Jahreszeiten, und mittelst der obigen Formeln erhält man für den kürzesten Tag: $L_0 = 394{,}64^{\text{m}}$ und $h = 14{,}62^{\text{m}}$, $(L_0) > L$ und $(h) > H$ und für den längsten Tag den gleichen Werth von L_0 und $h = -11{,}20^{\text{m}}$, d. h. die nach Südost gekehrte Häuserfront liegt am kürzesten Tag auf $\frac{395}{400}$ ihrer Länge $14{,}62^{\text{m}}$ hoch Vormittags 10 Uhr im Schatten, während die nach Nordwest gekehrte Front ganz Schattenseite bleibt. Im Hochsommer sinkt der Schatten auf der Sonnseite unter ihren Fusspunkt herab, und es lässt sich ebenso berechnen, dass sie erst dann unbeschattete Sonnseite wird, wenn $\alpha = 44^0\ 0'\ 25{,}2''$, was erst einige Zeit nach der Tag- und Nachtgleiche erfolgt. Das können offenbar nicht günstige Insolationsverhältnisse genannt werden, welche eine besondere Empfehlung verdienen.

Der **Einfluss der Bestrahlung unserer Wohngebäude** durch die Sonne ist ein vielfacher. Wenn wir hier absehen von dem Einfluss des Lichtes sowie von dem sehr hoch zu schätzenden

moralischen Eindruck, welchen das Einfallen der Sonnenstrahlen in das Innere des Wohnraumes bei rauher Jahreszeit auf die Bewohner ausübt, so beschränken wir unsere Aufgabe allein auf die Wärmeverhältnisse, soweit sie von der Sonne abhängen. Auch bei der Betrachtung dieser will ich einstweilen die Wärmeproduction unberücksichtigt lassen, welche den durch die Fenster in den Wohnraum eindringenden Sonnenstrahlen zukommt, und nur die Insolation der Hauswandungen ins Auge fassen.

Die Kraft der Insolation hängt theils von der Natur des Baumaterials, der Beschaffenheit seiner Oberfläche und Farbe ab, theils von der Grösse des Winkels, unter welchem die Wärmestrahlen auf die Wandungen auffallen. Die Erwärmung der letzteren durch die Sonne bewirkt ein Aufwärtsstreben der ganzen berührenden Luftschicht, welches in hohem Maasse ventilatorisch wirkt. Nicht nur die Strassenluft erleidet dadurch einen sehr wirksamen Austausch, sondern auch die Innenluft der Wohnungen, indem sowohl durch die Friction des aufsteigenden Luftmantels als auch durch die erhöhte Wärme der Wandoberfläche der bekannte Luftaustausch durch das poröse Baumaterial wesentlich belebt wird. Vielleicht ist auch die directe Wärmeleitung durch die Mauern mit in Anschlag zu bringen, obgleich dieses Verhältniss wegen der schlechten Wärmeleitung in trockenem Baumaterial kaum wesentlich ins Gewicht fallen kann. Nach den Messungen der Physiker kehren sich die Zeiten der jährlichen Temperaturmaxima und -Minima im Boden ungefähr in einer Tiefe von 10^m um, so dass die Geschwindigkeit der Wärmeleitung in diesem auf etwa $^1/_2{}^m$ binnen $9^1/_2$ Tagen zu veranschlagen wäre. Offenbar ist aber das ausgetrocknete Baumaterial unserer Wohngebäude ein weit schlechterer Wärmeleiter als die feuchte Erde, so dass man wohl annehmen muss, dass die Wärme und Kälte der Wohnungen je nach ihrer Exposition gegen die Sonnenstrahlen viel mehr mit den Durchfeuchtungsverhältnissen der Wandungen zusammenhängt, welche unter dem Einfluss der Insolation stehen. Diese werden aber auf der einen Seite von der hygroskopischen Natur des Baumaterials und auf der anderen Seite von der Luftfeuchtigkeit und dem Meteorwasser normirt, wenn man die capillare Aufsaugung von Bodenfeuchtigkeit durch die Wandungen

ausschliesst. Die Schlagregen, welche ein Haus treffen, dunsten unendlich geschwinder von besonnten Flächen ab, als von den Schattenseiten mit ihrem unbewegten Luftmantel, welche überdies noch längere Zeit mit ihrer Basis in Schnee, Eis und Oberflächenwasser der beschatteten Strassenseite eintauchen. Diese Uebelstände werden bei dem Schattenwohner noch durch den schädlichen Einfluss erhöht, welchen die Impermeabilität feuchter Wände auf den Athmungsprocess ausübt. Bei einer statistischen Untersuchung, welche ich über die Sterbeverhältnisse in der Stadt Bern während der dreizehn Jahre 1855—67 seiner Zeit angestellt habe, liess sich dieser Einfluss deutlich erkennen. Es laufen nämlich hier die Häuserreihen der inneren Stadt fast alle direct von Ost nach West: die Hauptstrassen Berns haben eine ausgeprägte äquatoriale Richtung. Der Unterschied zwischen Sonn- und Schattenseite derselben ist kaum sonstwo so durchgehend ausgedrückt wie hier. Bei der Untersuchung der Sterbeverhältnisse einer solchen Längsstrasse (Aarbergergasse) ergab sich im 13jährigen Durchschnitt eine enorme Differenz in der Sterblichkeit auf den beiden Strassenseiten: die Bewohnerschaft der Sonnseite wies eine jährliche Sterblichkeit von 26,6 pro Mille der Lebenden (mit Ausschluss der Todtgeborenen) auf, während diejenige auf der Schattenseite 74,8 pro Mille, also beinahe das Dreifache, betrug. Freilich deutete die verschiedene Frequenz bestimmter Todesursachen, welche vorwiegend die infectiösen Krankheiten betraf, auf die Mitwirkung localer Factoren hin, welche nicht direct von der Insolation abhängen. Um diesen störenden Einfluss möglichst zu eliminiren, setzte ich die Mortalität aller auf der Schattenseite gelegenen Häuserreihen mit derjenigen auf der Sonnseite in Vergleich und fand auf jener eine solche von 26,6 pro Mille, während sie auf dieser 25,3 pro Mille betrug. Dieser Unterschied von 1,3 pro Mille in der Sterblichkeit gab sich also immerhin noch kund, obgleich die grösste Zahl der Häuser auf der Schattenseite noch eine sehr ansehnliche Anzahl sonniger Wohnungen auf ihrer Südseite aufweisen, deren Licht nicht durch Schattengegenstände beeinträchtigt wird, und auf der anderen Seite die nach Süd gekehrten Hauptfronten durch den eigenthümlichen Colonnadenbau des alten Bern und die Enge der meisten Strassen

noch viele Schattenwohnungen zu ebener Erde in sich schliessen. Wollte man mir einwerfen, dass die Ursache dieses Unterschiedes in den Verhältnissen der Wohlhabenheit der Bewohnerschaft zu suchen sei, so würde ich dies als dem Thatbestand entsprechend zugeben, würde aber aus diesem schliessen, dass sich die Begüterten vorwiegend die sonnigen Wohnungen durch höhere Zinsen sichern und den Unbemittelten durchschnittlich die Schattenwohnungen überlassen, weil eben jene Wohnungen wegen ihres Insolationsverhältnisses die annehmlicheren und gesünderen und mithin auch die gesuchteren sind.

Die Sonne, wenn sie uns lästig wird, kann durch mannigfache Vorkehrungen leicht abgehalten werden; wo aber ihre Strahlen nicht eindringen, können wir sie trotz unseres lebhaften Bestrebens doch nie hinzaubern. Nehmen wir aber demjenigen, welcher durchschnittlich mit einem Uebermaasse der Insolation gesegnet ist, d. h. dem Bewohner einer direct nach Süden gekehrten Wohnung, seinen Ueberschuss, um ihn demjenigen zukommen zu lassen, der gar keine Sonne hat, stellen wir, mit andern Worten, unsere städtischen Häuserreihen direct in den Meridian, so werden wir die sanitarischen Verhältnisse der Schattenwohner wesentlich verbessern, ohne diejenigen der Sonnenwohner zu beeinträchtigen. Und dies wird schon der Fall sein, wenn wir auch dem gegebenen Bauplatze keinen Quadratfuss zusetzen und alle übrigen Bewohnungs- und Bauverhältnisse unverändert beibehalten.

Ich habe bereits oben gezeigt, wie geschwind eine ganze Strassenseite dem Schatten während der ungünstigen Jahreszeit verfällt, wenn die Strassenrichtung irgend erheblich von der meridionalen abweicht. Es muss daher wohl bei der Anlage neuer städtischer Wohnstätten das Bestreben der Hygiene dahin gehen, die meridionale Richtung der Längsstrassen zu befürworten und für die kürzeren Querstrassen und Plätze auf der Einhaltung des Verhältnisses von Häuserhöhe zur Strassenbreite zu beharren, wie es die obige Formel für äquatoriale Strassen angiebt, trotz eines allfälligen Einspruches von technischer Seite. Das Bauprogramm gehört der Hygiene, die Ausführung dem Techniker: beide haben sich den Wünschen und Bedürfnissen des Bauherrn zu unterziehen, soweit

ihre Principien durch dieselben nicht verletzt werden. In den meisten Fällen ist es ein Vorurtheil, zu glauben, dass man bei einer Neuanlage einer meridionalen Strassenrichtung nicht folgen könne. So oft ich Gelegenheit hatte, solche Anlagen planirt zu sehen, fiel es mir auf, wie man so vielfach dabei ganz unbestimmten Motiven folgte: „es kam einem vor, als wenn . . .“ oder „es schien einem“, dass es sich schön ausnehmen werde, wenn man die alten Verkehrscentren mit concentrischen Boulevards nach Pariser Mustern umgäbe und dieselben durch strahlenförmige Hauptstrassen verbände, oder wenn man nach dem Vorbilde von Karlsruhe den Radien folgte und dieselben durch lange Secanten durchschnitte, oder ein quadratisches Strassennetz, wie in Mannheim, ohne Rücksicht auf die Himmelsgegend entwürfe u. s. w. Sehr selten nur zwingt der Baugrund zu einem Plane, welcher dem ausgesprochenen Programme zuwiderliefe und, wenn auch der Höhenzug oder der Fluss oder das Meeresufer in äquatorialer Richtung streicht, so können die äquatorialen Strassen in der mehr als ausreichenden Breite der Pariser Boulevards gehalten und die Verbindungsstrassen der meridionalen Richtung anbequemt werden, wie wir neben Städten, in welchen die Häuserreihen wesentlich den Höhenlinien folgen, auch solche haben, wo sie von der Tiefe zur Höhe laufen. Die höchste Nützlichkeit kann mit einer wahren Aesthetik nicht in Conflict gerathen, und die Verschiedenheit der Anschauungen beruht hier nur auf der Verschiedenheit der Rücksichten, welchen man am meisten Gewicht beilegt, und in dieser Beziehung muss sich trotz aller Fortschritte die Hygiene doch den ihr gebührenden Platz erst noch erkämpfen. Liegt doch auch die Zeit nicht weit hinter uns, in welcher man z. B. die Führung einer Brücke in anderer Richtung als senkrecht auf den Stromlauf für eine Ungeheuerlichkeit ansah, bis die Eisenbahnübergänge dazu zwangen, und zwar ohne dass sich das Auge dadurch verletzt fand.

Bei meridionalen Längsstrassen, wenn sie in Strassenbreite und Häuserhöhe richtig gehalten werden, braucht es gar keine absoluten Schattenwohner mehr zu geben, und man kann Allen so ziemlich das gleiche Maass der Insolation zukommen lassen. Eine schmale Stirnfront gegen Süden kann bei längeren meridionalen Häuserreihen

kaum wesentlich in Rechnung fallen, und die entsprechende schmale Rückenfront gegen Norden würde alsdann kaum Raum genug für die nöthigen Räumlichkeiten und Dependenzen bieten, welche nicht bewohnt werden. Auch bei einzelstehenden Häusern dürfen die Rücksichten auf die Himmelsgegend nicht umgangen werden, und nur bei Gebäulichkeiten, welche zu gewissen Specialzwecken, wie z. B. zu Zeichnungsschulen, Bildergallerien, Lagerräumen u. s. w. dienen sollen, wird man das diffuse Licht der nördlichen Himmelsgegend bei der Stellung des Gebäudes aufsuchen müssen.

Was die ökonomische Seite der Frage anbelangt, so können wir bei dem Mangel eines einschlägigen statistischen Materials leider nur Vermuthungen darüber äussern, ob eine äquatoriale Häuserreihe mit absoluter Sonn- und Schattenfront, oder eine meridionale, mit beiderseits gleichen Insolationsverhältnissen den Hausbesitzern, bei im übrigen identischen Verhältnissen, eine grössere Rente abwirft. Mir will das Letztere scheinen, da auf Schattenseiten gar manche zur Wohnung taugliche Räumlichkeit wegen der Unannehmlichkeit des Aufenthaltes in derselben zu einer Dependenz degradirt wird, ohne dass man derselben wesentlich bedürfte. Das jedoch können wir mit ziemlicher Bestimmtheit annehmen, dass von einer Entwerthung eines Bauplatzes, wenn er in meridionaler statt in äquatorialer Richtung überbaut wird, wohl keine Rede sein kann. Ein Anderes ist es aber, wenn man bei der Anlage neuer Stadtquartiere die oben aufgestellten Verhältnisse zwischen Strassenbreite und Häuserhöhe einhalten will. Eine rationelle sanitarische Anlage verlangt unbestreitbar ein verhältnissmässig grösseres Areal, als wir es seither gewohnt waren. Und da das Land in unmittelbarer Umgebung bestehender Städte, schon mit Rücksicht auf die Wahrscheinlichkeit der Ueberbauung mit hoch rentirenden Wohngebäuden, einen höheren Marktpreis hat und die Wohnungsmiethen fast allerwärts schon auf die überhaupt erreichbare Höhe getrieben sind, so liegt der Schluss sehr nahe, dass das aufgestellte hygienische Programm für neue Quartiere, welche an bestehende Städte anschliessen, undurchführbar ist, weil mit einer schwächeren Besetzung des theuren Baugrundes nothwendig auch der Miethzins eine weitergehende, unerschwingbare Steigerung

erfahren müsse. Dennoch halte ich dies für einen Fehlschluss. Wie vielfach behauptet wird — ob mit Recht oder Unrecht, vermag ich nicht zu entscheiden —, sind unsere heutigen Miethpreise auf eine unnatürliche Höhe hinaufgeschraubt worden und haben in der Zukunft eine Reduction zu erwarten. Wenn wir aber auch annehmen, dass dies nicht der Fall sei, und dass sich dieselben auf einer bleibenden Stufe befinden, welche in unseren volkswirthschaftlichen Verhältnissen einen rationellen Grund hat, so stehen uns doch Erfahrungen zu Gebote, welche thatsächlich der obigen Schlussfolgerung widersprechen. Professor Emminghaus theilte in einem Vortrage, welchen er im Jahre 1872 im badischen Männerhilfsverein in Heidelberg über „Wohnungsnoth und Hilfe" hielt[1]), mit, dass ein Wohnhaus durchschnittlich

	in London	8	Bewohner,
	„ Berlin	32	„
	„ Paris	35	„
und	„ Wien	55	„

habe, und dass bei den Mittelclassen die Kosten der Wohnung

	in London	1/10 bis 1/8	des	Einkommens,
	„ Berlin	1/5 „ 1/4	„	„
	„ Paris	1/4	„	„
und	„ Wien	1/4 bis 1/3	„	„

ausmachen. Gewiss ein sehr beredter Fingerzeig für den Zweifler an der Ansicht, dass im Grunde die nationalökonomischen Interessen auch hier mit den hygienischen zusammenfallen, und dass man nicht zu ängstlich vorzugehen braucht, um die extensive Entwicklung der Städte in der Fläche an die Stelle der verderblichen Uebervölkerung durch den Miethkasernenbau zu setzen und durch Entwicklung der modernen Verkehrsarten (Tramways etc.) einer hygienischen Zukunft im städtischen Zusammenleben Bahn zu brechen.

Ich habe bisher bei der Besprechung der Insolationsverhältnisse unserer Wohnhäuser eine wichtige Seite der Frage ganz

---

1) Concordia vom 12. Dec. 1872 Nr. 50 S. 406.

unberührt gelassen. Es betrifft dies die Verhältnisse der Insolationskraft bei verschiedenartiger Exposition der Hauswandungen gegenüber der Sonne. Durch die tägliche Erfahrung gewohnt an die Zunahme der Luftwärme im Freien um die Mittagszeit, welche uns der Physiker durch das Steilerwerden des Einfalls der Sonnenstrahlen auf den Boden erklärt, übersah man bis jetzt, dass sich der Zeit nach dies Verhältniss beim Auffallen der Strahlen auf verticale Wandungen gerade umkehrt und dadurch den nach Ost oder West schauenden Hausfronten bei gleicher Insolationsdauer mehr Wärme zugeführt wird als den Südseiten. Aus dem bekannten Satze, dass sich die Stärke der Insolation verhält wie der Sinus des Neigungswinkels, unter welchem die Wärmestrahlen auf die exponirte Fläche fallen, lässt sich auch der Satz ableiten, dass eine gebrochene oder unebene Fläche bei gleichem Insolationsverhältniss genau ebensoviel Wärme aufnimmt, als ihre Projection auf irgend eine Ebene von beliebiger Winkelstellung. Stellt z. B. *abcd* in Fig. 4 den Grundriss eines Hauses dar, auf dessen verticale Wände die Wärmestrahlen in der Richtung der Pfeile auffallen, so nehmen die beiden Wände *ab* und *ad* in der gleichen Zeit ebensoviel Wärme auf als eine Wand, welche auf der Linie *bd* oder *be* vertical aufgerichtet ist. Denkt man sich nun eine verticale Wand in den Meridian gestellt, so wird sie zur Zeit von Tag- und Nachtgleiche das Maximum von Insolationswärme gerade beim Aufgang der Sonne erhalten, weil die Strahlen senkrecht auf sie auffallen, während gegen Mittag, mit dem Kleinerwerden des Sinus vom Einfallswinkel, die Kraft der Insolation abnimmt und mit dem Eintritt der Sonne in ihre Culmination endlich ganz verschwindet, weil sie in den Schatten tritt. Der gleiche Verlauf in umgekehrter Richtung spielt sich dann auf ihrer westlichen

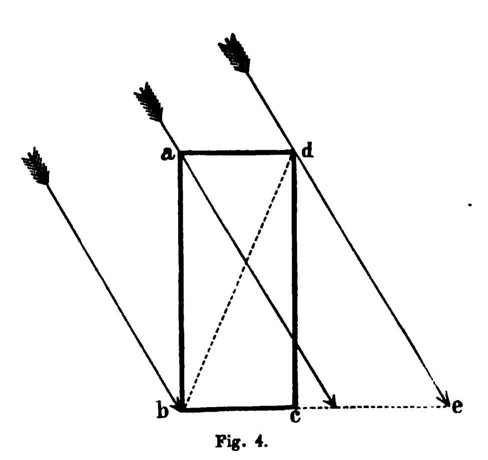


Fig. 4.

Fläche ab, welche ihr Maximum der Insolation beim Untergange der Sonne empfängt. Beide Flächen haben dabei binnen der zwölf Tagesstunden ganz gleichviel Wärme aufgenommen. Denkt man sich nun die gleiche Wand in ihrer verticalen Stellung senkrecht auf den Meridian gedreht, so dass ihre Südfläche die Sonnseite einer Häuserreihe und ihre Nordfläche deren Schattenseite repräsentiren kann, so wird auf der ersteren die Insolation beim Aufgange der Sonne mit Null beginnen, um Mittag ihr Maximum erreichen und nun noch einmal den gleichen Verlauf in umgekehrter Richtung bis zu Sonnenuntergang auf ihr durchmachen. Würde also die Sonne parallel mit dem Horizont jene Verticalwand umkreisen, so hätte ihre Südseite während eines Tages gerade so viel Wärme aufgenommen, als in ihrer früheren meridionalen Stellung ihre beiden Flächen zusammengenommen: dafür hat sie aber in ihrer späteren äquatorialen Stellung eine Nordfläche von gleicher Ausdehnung, welche gar nicht bestrahlt wird. In dem Maasse, wie bei der Drehung einer meridional gestellten Wand um die Verticalachse ihre nach Norden strebende Fläche an Insolation verliert, in dem gleichen Maasse gewinnt daran die andere, so dass bei allen verticalen Winkelstellungen der Wand gegen die Meridionalebene die Summe der täglichen Insolation der beiden Flächen immer die gleiche bleibt. Das Gleiche gilt von einem einzelnen Hause oder einer Häuserreihe. Denn, wenn z. B. die Linie *bd* in Fig. 4 den Grundriss einer Verticalwand darstellt, so erhalten, nach dem oben erwähnten Satze, zwei gleich hohe Wände *ab* und *ad*, welche vor ihr aufgestellt werden, gleichviel Tageswärme als ihre entsprechende eine Fläche; und ebenso zwei Wände *cd* und *cb* gleichviel, wie ihre Rückfläche, also die vier Wände *ab*, *bc*, *cd* und *da*, welche einem Haus oder einer Häuserreihe angehören mögen, gleichviel als die beiden Flächen der Wand *bd*, von welcher ich gezeigt habe, dass sie bei allen Drehungen um eine Verticalachse immer die gleiche Tageswärme durch ihre beiden Flächen aufnimmt. Diese gleichbleibenden Insolationen finden aber nur statt, wenn die Sonne fix und ihr gegenüber die Wand in Drehung gedacht wird, oder die Wand stille stehend und die Sonne sie in einem Horizontalkreis umkreisend. Dies Letztere findet aber nicht

statt, weil die Sonne von ihrem Aufgang an bis zu ihrer Culminationshöhe immer mehr aufsteigt und daher mit den verticalen Wänden der Häuser Einfallswinkel bildet, deren Sinus gegen Mittag immer kleiner und gegen Abend wieder = 1 wird, so dass auf lothrechten Hausflächen gerade um Mittagszeit die verhältnissmässig schwächste Insolation stattfindet, während sie auf dem horizontalen Boden ihr Maximum erreicht. Es muss daher bei äquatorialen Häuserreihen die Summe der täglichen Insolationswärme der Hausmauern, vertheilt auf deren beiden Längsfronten, kleiner ausfallen, als wenn sie die meridionale Stellung eingenommen hätte. Wenn wir aber die Einfallswinkel der Sonnenstrahlen auf den Boden mit α bezeichneten und ihre Sinus durch die Formeln (A), (B) und (C) berechneten, so brauchen wir jetzt nur den Ausdruck sin α in diesen Formeln in cos α umzuwandeln, um die Einfallswinkel der Strahlen auf eine lothrechte Wand zu erhalten. Ich will es dem Mathematiker überlassen, durch eine Summirung der Sinus kleinster Winkel, mit Hilfe des Moivre'schen Lehrsatzes, den Unterschied der Tagesinsolation bei jenen beiden Stellungen genauer zu bestimmen und dessen Grösse abzumessen: mir genügt es einstweilen, nachgewiesen zu haben, dass er vorhanden ist, und zwar zu Gunsten der meridionalen Stellung.

Dem soeben klar gelegten Vortheile der letzteren Stellung steht aber noch ein Nachtheil gegenüber, welcher auf dem Umstande beruht, dass die parallel der Horizontalebene einfallenden Wärmestrahlen eine dickere Luftschicht zu durchsetzen haben, als bei steilerem Einfall, und dass sie daher durch Absorption in der Atmosphäre einen grösseren Verlust erleiden, als im letzteren Fall. Wenn man sich z. B. auf der Erdoberfläche nC auf den Punkt C in Fig. 5 versetzt denkt, dessen Horizont durch die Linie BC ausgedrückt sei, und über ihr die Grenze der Wärme absorbirenden Atmosphäre in BA, so durch-

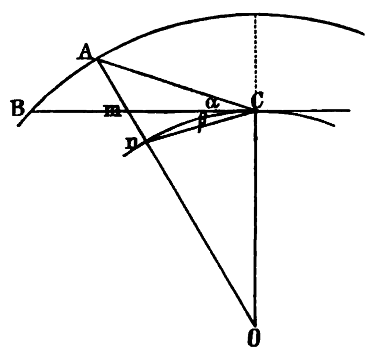


Fig. 5.

laufen die bei Sonnenaufgang in der Richtung BC einfallenden Wärmestrahlen offenbar eine längere Strecke in atmosphärischer Luft, als wenn sie in der Richtung AC einfallen, weil $BC > AC$. Zieht man die Sehne Cn und bezeichnet den Winkel mCn mit β, so ist der Centriwinkel $—nOC = 2\beta$. Der Einfallswinkel ACm der Wärmestrahlen sei wieder durch α ausgedrückt: $h = An$ sei die Höhe der Atmosphäre und R der Erdradius $CO = nO$. Da nun $\vee\, nCO = 90^0 - \beta$ ist, so hat man:

$\frac{\sin(\alpha + \beta)}{h} = \frac{\sin(90^0 - \beta)}{R}$, woraus man durch Entwicklung erhält:

$$\operatorname{tang} \beta = \frac{h}{R \cdot \cos \alpha} - \operatorname{tang} \alpha.$$

Ist nun der Winkel β bekannt, so hat man: $\vee\, AnC = 180^0 - \vee\, OnC = 90^0 - \beta$, und $\vee\, CAn = 90^0 - \alpha$, und erhält nun durch das $\triangle\, AnC$ den in der Atmosphäre zurückgelegten Weg:

$$AC = h \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}.$$

Nimmt man die Grenzwerthe von α, nämlich $\alpha = O$, wo die Wärmestrahlen die grösste Strecke von atmosphärischer Luft zu durchsetzen haben, so wird: $AC = \frac{hR}{\sqrt{h^2 + R^2}}$, während für $\alpha = 90^0$: $AC = h$ wird und dieselben den möglichst kurzen Weg in der Atmosphäre zurücklegen. Setzt man die wirklichen Werthe in diese Gleichungen, nämlich $R = 6\,366\,197^{\text{m}}$[1]) und $h = 7994{,}9^{\text{m}}$[2]), so erhält man für beide Grenzwerthe von AC Resultate, welche erst in den Millimetern von einander abweichen, woraus hervorgeht, dass die Stärke der Insolation durch die Absorption von Wärme bei verschiedenem Auffallen der Strahlen auf die Lufthülle der Erde so viel als gar nicht influencirt wird. Es bliebe somit der oben erwähnte Vortheil der meridionalen Richtung der Häuserreihen gegenüber allen übrigen Stellungen, so weit es das Maass der aufgenommenen Wärme betrifft, unverkürzt bestehen. Es hat sich dieses Verhältniss auch in der Landwirthschaft als richtig

1) Dr. R. Wolf, Taschenbuch für Mathematik etc. Bern 1861 S. 183.

2) Dr. A. Mousson's Physik. Zürich 1871 S. 179.

bewährt, indem Kerner[1]) auf einer in Beetcultur behandelten Fläche beobachtet hat, dass die meridionale Richtung der Beete wegen gleichmässigerer Erwärmung des Ackerlandes für die Vegetation sich vortheilhafter erwies, als die äquatoriale.

Anlass zu der vorstehenden Untersuchung gab mir das Project eines Neubaues unseres Cantonsspitals. Die bestehende Anstalt, genannt Inselspital, trägt, trotz ihrer überaus prächtigen Lage, alle Mängel einer rein äquatorialen Stellung an sich. Die Verwaltung sowie das ärztliche Personal, welches das Spital bewohnt, wählte sich natürlich die Südseite zur Wohnung, so dass ein grosser Theil des Raumes auf derselben für Krankensäle verloren ging, während alle Wohnräumlichkeiten der Schattseite mit Kranken belegt sind. Man kann kaum an einer anderen Anstalt besser den verderblichen Einfluss einer solchen Stellung studiren, als an unserem Inselspitale, welches, ursprünglich für 100 Betten berechnet, in der neueren Zeit mit mehr als der doppelten Zahl besetzt ist. Die früher in Gebrauch gewesenen Abtrittgruben liegen unter den Fundamenten der beiden nach Norden vorspringenden Seitenflügel des Gebäudes. Obgleich dasselbe auf einem impermeablen Sockel von grauem Jurakalk aufgebaut ist, so befindet sich doch der sehr hygroskopische Sandstein (Molasse) des in Quadern aufgeführten Oberbaues an diesen Stellen bis zum obersten Stockwerke hinauf im Zustande permanenter Durchfeuchtung, vom „Stock“ durchdrungen, wie dies der Techniker nennt. Die Unmöglichkeit, Wasser aus dem Erdreiche aufzuziehen, sowie der sehr deutliche Ausgangspunkt des Stockes von den Ablagerungsstätten thierischer Faulstoffe zeigt, dass derselbe dem Chemismus dieser Stoffe seinen Ursprung verdankt. Das in den Gruben entwickelte Ammoniakgas wirkt auf das Bindemittel des Molasse-Sandsteins in gleicher Weise wie auf den Cement durch Auslösung des Kalkes in seinen Verbindungen, und es bedarf dazu durchaus nicht des unmittelbaren Contactes des Gesteins mit der faulenden Jauche. Einmal in Gasform in die Poren der trockenen Molasse gedrungen, zieht es

---

1) Forschungen auf dem Gebiete der Agriculturphysik Bd. I Hft. 4 S. 263.

energisch die Luftfeuchtigkeit an und erzeugt eine bleibende Durchtränkung des Mauerwerks, so lange dieses seinem zerstörenden Einfluss ausgesetzt bleibt. Die Mauern werden dadurch für jeden natürlichen Luftaustausch impermeabel gemacht, erlangen aber gleichzeitig eine erhöhte Fähigkeit der Wärmeleitung, was den betreffenden Wohnräumlichkeiten jenen kellerartigen Charakter verleiht, dessen verderblicher Einfluss auf die Gesundheit hinlänglich bekannt ist. Die Einführung eines irrationellen Tonnensystems, welches als Muster dienen könnte, wie ein solches nicht ausgeführt werden sollte, konnte an diesem Zustande des Mauerwerks keine wesentliche Besserung hervorrufen. Doppelt empfindlich muss daher der Einfluss von der Nordlage dieses Gebäudetheils gefühlt werden, weil die immerwährende Beschattung desselben eine grössere Erkältung durch die stärker wärmeleitenden Wandungen erzeugt. Man hat diese Erscheinung fälschlich allein dem freieren Zutritt der scharfen Nordwinde zugeschrieben, obgleich bei deren Herrschaft die Temperatur windstiller Oertlichkeiten die gleiche ist, und der Druck des anprallenden Windes wegen der Impermeabilität der Wandungen schon auf deren Oberfläche sich erschöpft.

Solche grelle Uebelstände darf natürlich der Neubau einer Spitalanstalt nicht schaffen und, da die Vorsorge für Reinhaltung von Luft, Wasser und Boden schon so viele Bearbeitung gefunden hat, wollte ich zur Lösung der noch so stiefmütterlich behandelten Frage über die Vorsorge für die zum Leben nöthigen Imponderabilien das Meinige hier beitragen. Bei der praktischen Anwendung der oben entwickelten hygienischen Grundsätze auf den Spitalbau ist zu erwarten, dass sowohl die Rücksicht auf den Verlauf eines Flusses oder die Richtung eines Höhenzuges oder einer Landstrasse, als auch die Herrschaft traditioneller ästhetischer Grundsätze einstweilen noch den Vortritt vor der rücksichtslosen Sorge für das Wohlergehen erkrankter Menschen behalten werden: bedürfen dieselben doch auch noch einer eingehenderen wissenschaftlichen Discussion. Es brauchen überhaupt solche Principien, auch wenn sie sich den Beifall der Wissenschaft errungen haben, lange Zeit, bis sie sich in der menschlichen Gesellschaft soweit Bahn gebrochen haben, dass sie zum praktischen Ausdruck gelangen. Es wollen

jeweilen Generationen vom Schauplatz abtreten, bevor gewohnte Anschauungen verschwinden, wie dies gerade die Geschichte des Spitalbaues am schlagendsten beweist. Es sind bereits hundert und ein Jahr, dass Leroy[1]) der französischen Académie des Sciences die rationellen Principien für den Spitalbau mit einer für die damalige Zeit wahrhaft genialen Einsicht in die hygienischen Anforderungen vorlegte: freistehende, allseitig von Luft umspülte Pavillons ohne Treppen, mit ausreichender Ventilation und Heizung des Fussbodens nach Art der Römer. Und dennoch führte das gleiche, auf seine Fortschritte stolze Paris, in welchem Leroy wirkte, noch sein jüngstes Spital (Menilmontant) im verwerflichen Kasernenstyl aus. Erst der nordamerikanische Secessionskrieg (1861—65) brachte uns die praktische Anwendung der Leroy'schen Principien im Grossen und führte zur Copie derselben in den übrigen Culturländern. Die Heizungsfrage jedoch erwartet, trotz der Bemühungen der Amerikaner an der Weltausstellung vom Jahre 1867 und bei der Belagerung von Paris 1870/71[2]), sowie der Fürsprache von Edwin Chadwick in England, immer noch ihre praktische Lösung. Speciell für das Thema, welches uns hier beschäftigt, mag es übrigens nicht ohne Interesse sein, zu erfahren, dass der Kriegssecretär der Vereinigten Staaten, E. M. Stanton, nach den vielen Versuchen im Lazarethbaue, welche wir der thatkräftigen Initiative der Amerikaner in ihrem letzten Kriege verdanken, ganz zu dem gleichen Schlusse in Betreff der Stellung der Gebäulichkeiten zur Himmelsgegend, wie der Verfasser kam. Nach der siegreichen Beendigung des Krieges schreibt nämlich der generalärztliche Bericht[2]):

> „The introduction of the wooden pavilion hospitals was not the work of any one man. Originally suggested by European experience, they men erected in all parts of the country, under the direction of various medical officers, some by order of the Surgeon General, others by the authority of local commanders. The necessities of the service and increasing experience suggested numerous alterations from time to time, and it was

1) Journal d'hygiène 1877 p. 209.

2) Circular Nr. 6 of the War Department, Surgeon General's Office. Washington, Nr. 1, 1865 p. 152 und 153.

not until the summer of 1864 that a circular order was issued directing uniformity in certain essential points."

Und dieses Circular vom 20. Juni 1864 sagt dann bei den Vorschriften über die Planirung solcher Pavillons unter Anderem: „It is preferable to locate the wards so that the long diameter may run north and south, or nearly so." Wenn man füglich die Anforderung an Pavillonbauten stellen kann, dass Schattenseiten nicht mit Krankenbetten besetzt werden, so erlangt die meridionale Richtung des Gebäudes auch noch einen besonderen finanziellen Vortheil. Pavillons, welche sich der äquatorialen Stellung nähern, sollten nur auf der Sonnseite belegt werden und müssen alsdann den inneren Verkehrsweg auf die Nordseite des Saales verlegen, während bei meridionaler Hausrichtung der Gang in die Mitte zwischen zwei Bettereihen fällt und also bei gleicher Bettenzahl die Hälfte des Raumes erspart wird, welcher zum Verkehr dient.

Der für das neue bernische Cantonspital in Aussicht genommene Bauplatz bietet eine gewellte Oberfläche dar, welche mit einem Gefälle von etwa 10½ Procent im Allgemeinen in der Richtung S 40° O nach der unten vorbeiziehenden Strasse abfällt. Ein bereits vorliegender Plan eines tüchtigen hiesigen Architekten (Friedr. Schneider) löst die Anstalt, welche etwa 400 Patienten beherbergen soll, mit richtigem Verständniss in eine Zahl freistehender Pavillons auf, deren Längsrichtung mit dem Meridiane einen Winkel von 31° bildet. Einerseits sich möglichst der Richtung der geneigten Baufläche anbequemend, sucht der Plan auf der anderen Seite in der Stellung der Pavillons sich dem Meridiane zu nähern, um keine Flanke derselben zum dauernden Schatten zu verurtheilen. Ich will nun diesen praktischen Anlass benutzen, um mit Hilfe der oben entwickelten Formeln die hierdurch geschaffenen Insolationsverhältnisse der Krankensäle zu präcisiren, und der Kürze wegen mich einstweilen nur auf Betrachtung der vordersten nach SO gelegenen Reihe zweistöckiger Pavillons beschränken.

Es besteht diese Reihe aus sechs solcher Gebäulichkeiten, zwischen welchen in der Mitte eine Kapelle angebracht ist. Die

Pavillons stehen 29^m von einander ab und nur die beiden mittleren nähern sich der Kapelle auf ungefähr $22{,}4^m$. Im Grundrisse haben sie etwa die Form, wie sie die Fig. 6 in $^1/_{1000}$ Maassstab wieder giebt. Die Linie *SN* deutet den Meridian an, *s* die Stellung der Sonne am kürzesten Tage um 10 Uhr Vormittags und s_1 diejenige

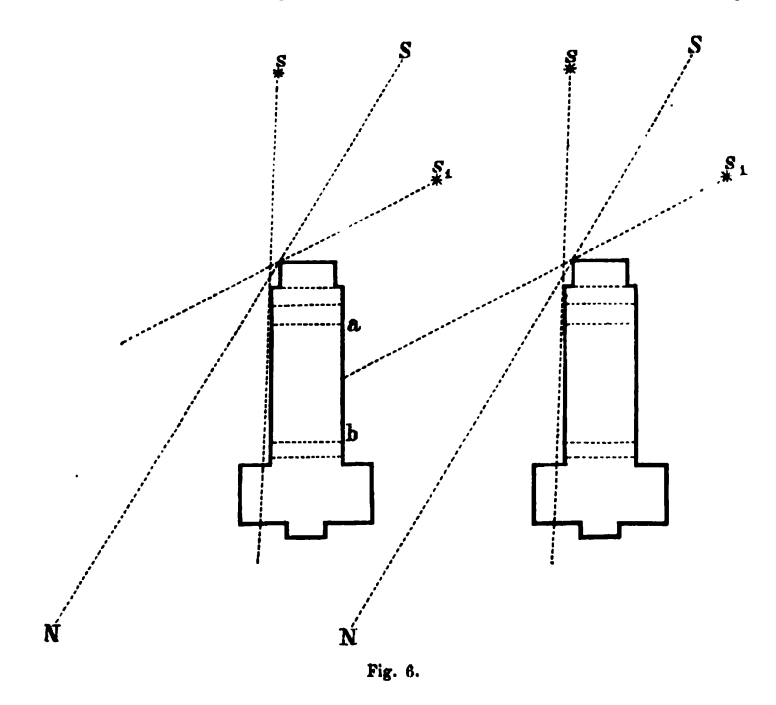


Fig. 6.

um 2 Uhr Nachmittags. Der Krankensaal nimmt im Pavillon nur die Strecke *ab* ein und misst in der Länge 23^m, in der Breite 10^m, beide Maasse an der Aussenfläche genommen. Der Dachfirst, welcher sich $13{,}3^m$ über das äussere Fussgesims des Saales erhebt, wird von einem Dachreiter gebildet, und die Berechnung ergab mir, dass bei den hier in Frage kommenden Einfallswinkeln der Sonnenstrahlen der First dieses Dachreiters und nicht etwa irgend eine Contur des Hauptdaches den am Boden geworfenen Schatten begrenzt. Zur Benutzung der Formel (*F*) wäre also $H = 13{,}3^m$ zu setzen, während für *B* die Entfernung zu nehmen wäre, welche zwischen der allfällig beschatteten Seitenfront des östlich folgenden Pavillons und der Verticalebene besteht, die vom First des Schatten werfenden

Dachreiters herabgesenkt wird, d. h. $B = 29 + \frac{10}{2} = 34^m$. Da nun $\delta = 31^0$ ist, und für eine vierstündige Insolationszeit beider Seitenwandungen $\beta = 30^0$, ferner für Bern nach Formel (B) $\alpha = 14^0\ 33'\ 55''$, so erhält man:

$$B = 44{,}77^m;$$

d. h. der vom Architekten angenommene Zwischenraum von 29^m müsste bei dieser Stellung des Pavillons um $44{,}77 - 34 = 10{,}77^m$ verbreitert werden, wenn nicht ein Schatten während der geforderten Insolationszeit auf der Westseite des Pavillons ruhen soll. Da aber ferner $\delta = 31^0 > \beta = 30^0$ ist, so bilden die Ostflächen derselben während jener Tageszeit vollständige Schattenseiten. Für die drei ungünstigeren Jahreszeiten ist dies bei dem bernischen Klima offenbar ein nicht zu unterschätzender Uebelstand. Will man sich von der Grösse derselben durch Berechnung der Ausdehnung des Schattens Rechenschaft geben, so erhält man aus den Formeln (G) und (H):

$$L_0 = L - B \cdot \cot(\beta + \delta) \quad = \quad 23 - 34^m \cdot \cot 61^0 \ = 4{,}15^m$$

$$\text{und } h = H - \frac{B}{\sin(\beta + \delta) \cdot \cot \alpha} = 13{,}3^m - \frac{34}{\sin 61^0 \cdot \cot \alpha} = 3{,}20^m$$

Die Schattenlänge L_0 betrifft aber nur den vom Krankensaal geworfenen Schatten und muss daher zur Construction des ganzen effectiven Schattens noch um den Schatten des Gebäudetheils vergrössert werden, welches vor dem Krankensaal nach Süden in der Länge von $10{,}20^m$ vorspringt. Es ergäbe sich somit, dass Nachmittags 2 Uhr bereits auf der Sonnseite des Pavillons ein Schatten von $3{,}20^m$ Höhe (vom Fussgesims aus) und $14{,}35^m$ Länge ruht, während die Ostseite derselben schon vor 10 Uhr Vormittags in Schatten für die ganze übrige Tageszeit tritt. Von der ganzen Glasfläche, welche die für diese Abtheilung des Gebäudes planirten zwölf Fenster ausmachen, würden sich zu jener Zeit zwei Drittheile im Schatten befinden. Würde man hingegen diese Pavillons um ihre Verticalachse in den Meridian drehen, so ergiebt die Berechnung, dass sie nur eines Zwischenraumes von $20{,}6^m$ statt 29^m bedürften und überdies allen Kranken mindestens eine zweistündliche Insolation der von ihnen belegten Saalwandung gleichmässig zu-

sichern würde. Ob nun dieser Vortheil bei dem Zwecke, welchem eine solche Anstalt vielleicht auf Jahrhunderte hin gewidmet bleibt, aufgewogen wird durch die Rücksicht, dem Auge der jetzt Lebenden nicht den Anblick von etwas seither Ungewohntem darzubieten, will ich Anderen zu entscheiden überlassen.

Die beschränkte Ausdehnung des Bauterrains, wohl auch finanzielle Bedenken mögen den Architekten zur Annahme einer Reihe zweistöckiger Pavillons geführt haben: die übrigen sind, dem Leroy'schen Principe getreu, einstöckig gehalten. Es würde mich zu weit von meinem Thema ablenken, wenn ich bei diesem Anlasse den Vortheil dieser gegenüber jenen vom hygienischen Standpunkte aus besprechen wollte[1]). Hingegen darauf will ich schliesslich doch noch hindeuten, dass man auf einem beschränkten Areal den gegebenen Raum verhältnissmässig am besten ausnützt und zwar ohne irgend eine hygienische Rücksicht zu verletzen, wenn man zu den „Pavillons ogivaux isolés sans étages" von Tollet greift, welche das Stadium des Versuches bereits durchgemacht und an der gegenwärtigen Pariser Weltausstellung einen ersten Preis davon getragen haben. Der Tollet'sche Spitzbogenbau verlangt von allen bis jetzt zur Prüfung gelangten Bausystemen für den gleichen Kubus Luft die geringste Flächenausdehnung der Wandungen und daher auch, unter sonst gleichen Umständen, die niedrigsten Baukosten. Ihm gehört daher wohl die Zukunft, bis noch Besseres geleistet sein wird. Die Firsthöhe eines Tollet'schen Pavillons misst $9{,}5^{m}$, bei einem Breitendurchmesser von $8{,}2^{m}$. Stellt man dieselben in den Meridian, so ergiebt die Formel (F), dass sie nur eines Abstandes von $18{,}28 - \frac{8{,}2}{2} = 14{,}18^{m}$ von einander bedürfen, um jedem Kranken neben ausreichender Luft auch noch den unverkümmerten Genuss einer zweistündigen Bestrahlung seiner Lagerstätte durch die Sonne zu gewähren; und es fänden alsdann auf der gleichen Flucht, auf welcher sechs der erwähnten Pavillons des Planes stehen, nicht weniger als elf dieser Tollet'schen Gebäulichkeiten Platz.

1) siehe Tardieu, Dictionnaire d'hygiène publique; 2me édit. Paris 1862, T. II p. 433 und 434.

Eine kurze Bemerkung zur letzten Entgegnung des Herrn Prof. Dr. Wilckens

von

Dr. E. Wildt.

Herr Prof. Wilckens constatirt, wie er sich ausdrückt, in seiner letzten Entgegnung (im 1. Hefte des laufenden Jahrganges dieser Zeitschrift pag. 203), dass ich die durch meine Untersuchung festgestellte Löslichmachung von Rohfaser und stickstoffhaltigen Substanzen in den drei ersten Magenabtheilungen des Schafes nicht erklärt habe. Wilckens nimmt an, dass eine solche nach den anatomisch physiologischen Thatsachen unmöglich sei und soll dieser Widerspruch den Hauptpunkt seiner Kritik bilden. Die vermisste Erklärung habe ich in der angekündigten zweiten Abhandlung: „Studien über den Verdauungsprocess des Schafes“, welche in den nächsten Tagen im 2. Heft des diesjährigen Jahrganges des von Henneberg und Drechsler herausgegebenen Journals für Landwirthschaft erscheint, zu geben versucht.

Im Uebrigen habe ich vor Kurzem einen sehr gewichtigen Vertheidiger meiner Arbeit in Herrn Prof. Dr. Zuntz in Bonn gefunden, einer Autorität, die Herr Prof. Wilckens gewiss anerkennen wird. Herr Prof. Zuntz bespricht in seinen „Gesichtspunkten zum kritischen Studium der neueren Arbeiten auf dem Gebiete der Ernährung“ [1]) ausführlich meine Untersuchung und die Wilckens'sche Kritik derselben und weist, wenn ich auch in manchen Punkten anderer Ansicht bin, nicht allein in ganz ähnlicher Weise, wie ich, die Fehler in der Rechnungsweise des Herrn Wilckens nach, sondern sagt auch bezüglich der Lösung von Rohfaser und Eiweiss in den ersten Magenabtheilungen pag. 106 folgendes: „Diese Kritik der Wildt'schen Versuche führt demnach zu der Ueberzeugung, dass die Hauptstätte der Rohfaserzersetzung diejenigen Orte sind, wo die Speisemassen, ohne mit grösseren Mengen specifisch wirksamen Secretes in Berührung zu kommen, längere Zeit stagniren, also die 3 Vormägen und der Blinddarm.“ Dann weiter unten auf derselben Seite, nachdem er sich dahin geäussert hat, dass sehr wohl stickstoffhaltige Stoffe in den ersten Magenabtheilungen auch ohne Verdauungssäfte gelöst werden können, „ehe übrigens Wilckens eine Lösung von Eiweisskörpern in den drei ersten Mägen für unmöglich erklärte, müsste er die Angabe Colin's, dass in Tüllsäckchen gefüllte Fleischstückchen im Pansen der Rinder eine Auflösung erfahren, widerlegt haben“.

---

1) Landwirthschaftliche Jahrbücher Bd. 8 (1879) Heft 1 S. 65.

Histiologische und physiologische Studien.

Von

G. Valentin.

Neunzehnte Abtheilung.

XXXVIII. Die Leistungen des nur gespannten und nicht vorher gedehnten Muskels.

Man pflegt die Muskelversuche so anzustellen, dass man die Zuggewichte schon im Ruhezustande ungehindert wirken lässt, die Fasern also vor der Verkürzung mehr oder minder in unnatürlicher Weise dehnt. Eine vergleichende Versuchsreihe[1]) hatte aber gelehrt, dass der auf diese Weise veränderte Muskel, wenn die Dehnung weder allzurasch noch allzugross ist, eine bedeutendere Hubhöhe unter sonst gleichen Nebenbedingungen liefert, als der bloss gespannte oder derjenige, welcher das Belastungsgewicht nur während der Zusammenziehung trägt, der also die Ruhelänge seiner Fasern bis zu dem ersten Augenblicke der Verkürzung beibehält und bei dem daher das durch die Belastung erzeugte Dehnungsstreben mittelst der Verkürzung mehr als ausgeglichen wird. Da dieser zweite Fall der Muskelanfügung in dem unversehrten Körper und den Verhältnissen des Lebens in höherem Grade als der erste entspricht, so schien es mir nicht unzweckmässig, einige Versuche in dieser, so viel ich weiss, noch nicht betretenen Bahn anzustellen. Es handelte sich hierbei vorzugsweise um die Frage, ob nicht bloss Grössenunterschiede der Leistungen, sondern auch Abweichungen in den Grundgesetzen der Zuckungserscheinungen auftreten, wenn das Zuggewicht erst mit dem Anfange der Verkürzung wirkt.

1) Zeitschrift für Biologie Bd. 14 (1878) S. 305—320.

Die hier mitgetheilten Erfahrungen beziehen sich auf die Wirkungen des Stromes einer feuchten Kette, der nur einen Bruchtheil einer Secunde durch das Hüftgeflecht oder den Wadenmuskel des Frosches ging, oder die eines einzigen Inductionsschlages oder von Wechselströmen des Magnetelektromotors, die jedoch stets weniger als 4 Secunden anhielten, endlich die eines beständigen, das Hüftgeflecht in seinem mittleren Theile längere Zeit durchsetzenden galvanischen Kreises, während ein Strom einen oberen oder unteren Abschnitt der Nervengebilde für einen Bruchtheil einer Secunde anregte. Der Wadenmuskel zeichnete immer seine Zuckungscurve auf gelbem, sehr glattem und vorher berusstem Glanzpapier, das einen sich möglichst gleichförmig um seine Längsachse drehenden Cylinder umgab. Der Augenblick des Stromeseinbruches war vorher durch einen auf der Abscissenachse senkrechten Strich bezeichnet worden.

Die früheren, oben erwähnten Vergleichsversuche forderten, dass der Muskel die Last zuerst in gespanntem und hierauf in gedehntem Zustande hob. Eine starke Gabelvorrichtung[1]), welche die mit dem Zuggewichte belastete Wagschale in dem ersten Falle trug, wurde in dem zweiten niedergesenkt. Da alle Dehnungen in der uns hier beschäftigenden Versuchsreihe wegfielen, so konnte eine einfachere Vorrichtung hinreichen.

Ist der Rahmen des Myographion, an dessen Mittelstifte die für die Zuggewichte bestimmte Wagschale hängt, bei vorgeschobener, das Aufzeichnungspapier berührender Spitze wagerecht im Gleichgewichte mittelst des Laufgewichtes eingestellt worden, so stützt sich dann die Wagschale auf eine an der Vorderwand des Myographion befindliche Messingplatte. Man kann daher ein beliebiges Belastungsgewicht auflegen, ohne dass die Fasern des oberhalb des Mittelstiftes des Rahmens befestigten Wadenmuskels der geringsten Beschwerung und Dehnung ausgesetzt sind. Zieht er sich hingegen zusammen, so hebt er sogleich das Zuggewicht in die Höhe, vorausgesetzt dass er mit Hilfe des höher oder tiefer zu befestigenden Aufnahmebrettes des Frosches so eingestellt worden, dass er gerade seine natürliche

1) a. a. O. S. 306.

Länge im Ruhezustande besitzt. Die Erschlaffung führt wiederum die Schale auf die Unterstützungsplatte zurück. Ich legte nach und nach Gewichte von 10, 20, 50, 100 und 200g auf die 7½g wiegende Wagschale.

Ein erster Querschnitt trennte den Grenzbezirk des verlängerten Markes und des Rückenmarkes und ein zweiter den untersten Theil des Rückenmarkes des Frosches (Rana esculenta). Ich zerstörte hierauf das Gehirn, das verlängerte Mark und das Rückenmark bis zu dem unteren Querschnitte. Dann wurde die Achillessehne blossgelegt, alle ihr gegenüber liegenden Theile des Unterschenkels quer getrennt, die äussere Hälfte des Fusses entfernt und die innere enthäutet. Der Frosch kam dann auf die Korkplatte des Aufnahmebrettes, das höher oder tiefer mittelst seines Armes befestigt werden konnte. Er wurde hier mit Nadeln festgestochen.

Wollte ich das Hüftgeflecht reizen, so brachte ich in dasselbe zwei Einstichsnadeln in einer gegenseitigen Entfernung von ungefähr einem Centimeter. Sie verbanden sich metallisch mit zwei übersponnenen Kupferdrähten, die von den beiden Ableitungsklemmen eines Punkt-Stromwenders ausgingen. Die Drähte von diesem begaben sich wiederum zu sechs grossen, mit verdünnter Schwefelsäure geladenen Zink-Kohlenelementen. Die Leitungen waren aber so eingerichtet, dass erst die Anschlagsvorrichtung des Aufzeichnungscylinders den die Nerven erregenden Kreis schloss. Sollte der Strom durch die Muskelmasse selbst gehen, so kam die eine Einstichsnadel in den obersten Theil des Oberschenkels und die andere in eine an der einen Säule des Myographion angebrachte Messingklemme. Arbeitet man längere Zeit, so ereignet es sich bisweilen, dass die allmählich eintrocknende Achillessehne einen zu grossen Leitungswiderstand erzeugt und man sie daher mit einem wasserdurchtränkten Pinsel befeuchten muss. Ich stach dann auch hin und wieder die zweite Elektrodennadel in die Achillessehne unmittelbar ein und sorgte dafür, dass hierdurch das Spiel des sich zusammenziehenden Muskels nicht beeinträchtigt wurde, indem ich einen sehr dünnen Leitungsdraht gebrauchte.

Wollte ich die Muskelcurven aufschreiben lassen, so begann ich damit, dass ich den Cylinder bei geöffnetem Stromwender so

lange gehen liess, bis die Bewegung des Anschlagstiftes und daher auch die Cylinderdrehung durch den mit dem Finger festgehaltenen (schliessenden) Hebel der Anschlagsvorrichtung gehemmt wurde. Drückte ich dann das hintere Ende des Stabes, welcher das Laufgewicht des Myographion trägt, hinab, so zeichnete die Schreibspitze eine auf der Abscissenachse senkrechte gerade Linie auf. Sie entsprach später dem Zeitpunkte, in welchem der erregende Kreis geschlossen wurde. Ich entfernte dann den Anschlaghebel von seinem Stifte, legte das Zuggewicht auf die Wagschale, stellte den Stromwender für die beabsichtigte Stromesrichtung ein, liess den Cylinder gehen, bis er eine gleichförmige Geschwindigkeit erreicht hatte, und legte endlich den Anschlagstift an seinen Stützstab an. Er wurde bei der nächsten Begegnung von dem Cylinder berührt und fortgeschleudert. Der die Nerven erregende Kreis ward auf diese Weise für $^1/_{34}$ bis $^1/_{63}$ Secunde geschlossen.

Der Gebrauch der Anschlagsvorrichtung ist unerlässlich, weil man nur dann gleiche, also auch unter sich vergleichbare Erregungen erhält, wenn ein Schluss von todter Hand stattfindet. Da die anhaltenden Reizungen durch die Schläge des Magnetelektromotors dieses nicht so nothwendig machen, so zog ich hier die Schliessung des Stromwenders von freier Hand der immer gefährlichen und in solchen physiologischen Versuchen möglichst zu vermeidenden durch Quecksilber vor. Der Cylinder drehte sich in den meisten Fällen in 2,7 Secunden einmal herum. Ich liess stets die Wechselströme des Magnetelektromotors etwas länger als einen Cylinderumgang, also ungefähr 3 Secunden einwirken.

Wollte ich den Einfluss des physiologischen Elektrotonus verfolgen, so führte die Leitung der beständigen Kette zu einem und die der erregenden zu zwei anderen Punkt-Stromwendern. Jene konnte unmittelbar, diese hingegen erst mit Hilfe der Anschlagsvorrichtung geschlossen werden. Die Drähte der beiden Ableitungsklemmen eines jeden der drei Stromwender gingen zu einem in einem kleinen cylindrischen Holzklotze befestigten Stahlnadelpaare. Ein solches Paar kam in den obersten und ein zweites in den untersten Abschnitt des Hüftgeflechtes, so dass man einen von ihnen für einen Bruchtheil einer Secunde reizen konnte, während der

mittlere Theil der Nerven, der das dritte Paar enthielt, von dem beständigen Strome anhaltend durchsetzt wurde oder nicht.

Ich liess zuerst eine Zusammenziehung des Wadenmuskels in Folge der Erregung des oberen und dann eine zweite mittelst der des unteren Nervenabschnittes in einer der beiden möglichen Stromrichtungen aufzeichnen. Waren dann der erste und der dritte Stromwender wiederum geöffnet, so hemmte ich das Uhrwerk in dem Augenblicke, in welchem der Anschlagstift des Cylinders von dem Hebel der Anschlagsvorrichtung aufgehalten wurde, und schloss den mittleren, mit dem beständigen Elemente verbundenen Stromwender. Da dann der Cylinder still stand, so zeichnete sich eine der Schliessungszuckung entsprechende Senkrechte, welche der Hubhöhe von jener entsprach, auf. Die augenblickliche Erregung der oberen und der unteren Strecke lieferten Muskelcurven, die den Einfluss des physiologischen Elektrotonus verriethen. Man muss diese vorübergehenden Erregungen so rasch als möglich nach dem Schlusse des beständigen Stromes vornehmen, weil dieser, wenn er kräftig ist, die Reizempfänglichkeit häufig in kurzer Zeit herabsetzt. Er hat in der Regel nur 16 bis 19 Secunden in meinen Versuchen gewirkt.

Jede vollständige, einer einzigen Belastung entsprechende Versuchsreihe umfasste 8 Doppelversuche, je eine Reizung der oberen und eine der unteren Nervenstrecke bei ab- und bei aufsteigendem Strome ohne und dann mit gleichzeitiger Einwirkung zuerst des ab- und dann des aufsteigenden beständigen Stromes oder umgekehrt und zuletzt wiederum ohne Einschaltung des letzteren.

Die Unmöglichkeit, die mit dem elektrischen Funken auf Jodkalium-Kleisterpapier aufgezeichneten Curven dauernd zu fixiren, bewog mich, sie auf berusstem, sehr glattem gelben Glanzpapier aufzuschreiben und so die Reibung möglichst herabzusetzen. Die Abscissen und die Ordinaten der mit verdünntem Photographenfirniss fixirten krummen Linien wurden mit einer halbe Millimeter anzeigenden Glastheilung unter der Lupe ausgemessen, so dass der durchschnittliche Fehler $^1/_{10}$ ^{mm} kaum erreichte. Da die einem Cylinderumgange entsprechende Zeitabscisse 101^{mm} mass und die mittlere Dauer einer Umdrehung 2,7 Secunden betrug, so entsprach jeder

Millimeter der Abscisse 0,02673 oder $^1/_{37}$ bis $^1/_{38}$ Secunde. Die Linearvergrösserung, mit welcher die Hubhöhe aufgeschrieben wurde, betrug $3\,^1/_3$. Die wirkliche glich also nur $^3/_{10}$ der ausgemessenen.

Geht die Zusammenziehungs- in die Erschlaffungslinie allmählich über, so ist es oft schwer, mit Sicherheit zu entscheiden, wo die eine aufhört und die andere beginnt. Die Curven, welche von grossen Belastungen herrühren, leiden häufig an diesem Uebelstande oder zeigen bisweilen zuerst eine nur schwache und langsame Erhebung der Verkürzungslinie, an die sich eine Erschlaffungslinie winkelig anschliesst, und dann von neuem eine winkelige Erhebung, die sich später in die vollständige Erschlaffungslinie fortsetzt.

Führe ich Zahlenbeispiele zur Erläuterung an, so beziehen sie sich immer auf die ersten, nach der Tödtung des Thieres angestellten Versuche, wenn nicht etwas Anderes bemerkt worden.

Ungefähr 2000 aufgeschriebene Muskelcurven lehrten:

1. Besitzen die Theile ihre volle Reizempfänglichkeit, so findet man mit nur seltenen Ausnahmen, dass die Dauer der verborgenen Reizung mit der Grösse des Zuggewichtes, jedoch nicht in gleichem Verhältnisse mit ihr zunimmt, der für $^1/_{34}$ bis $^1/_{63}$ Secunde geschlossene Strom möge das Hüftgeflecht oder den Wadenmuskel durchsetzen.

Die Nervenreizung gab z. B. 12 bis 23 Minuten nach der Zerstörung des centralen Nervensystemes:

Versuchsnummer	Gesammtes Zuggewicht in g	Dauer der verborgenen Reizung in Secunden	
		genau	annähernd
1	$7^1/_2$	0,020	$^1/_{50}$
2	$17^1/_2$	0,027	$^1/_{37}$
3	$27^1/_2$	0,076	$^1/_{13}$
4	$57^1/_2$	0,108	$^1/_9$
5	$107^1/_2$	0,297	$^1/_3$
6	$57^1/_2$	0,087	$^1/_{11}$
7	$27^1/_2$	0,081	$^1/_{12}$
8	$17^1/_2$	0,068	$^1/_{15}$
9	$7^1/_2$	0,040	$^1/_{25}$

Ein anderer Frosch, durch dessen Wadenmuskel die Ströme 10 bis 24 Minuten nach der Zerstörung des centralen Nervensystemes geleitet wurden, lieferte:

Versuchsnummer	Gesammtes Zuggewicht in g	Dauer der verborgenen Reizung in Secunden	
		genau	annähernd
10	7½	0,011	1/91
11	17½	0,012	1/83
12	27½	0,015	1/67
13	57½	0,025	1/40
14	107½	0,032	1/31
15	207½	0,067	1/15
16	107½	0,034	1/30
17	57½	0,031	1/32
18	27½	0,027	1/37
19	17½	0,020	1/50
20	7½	0,020	1/50

Man stösst nicht selten auf unregelmässigere Schwankungen der Zeiten, als sie die beiden vorhergehenden Versuchsreihen darbieten. Es kann auch hin und wieder vorkommen, dass eine höhere Belastung eine kürzere Dauer der verborgenen Reizung liefert. Die Ursache liegt dann in untergeordneten Versuchsfehlern, in einer augenblicklich stärkeren Erregungsfähigkeit oder einer rascheren krampfhaften Zuckung. Vergrössert sich die Zeit im Anfange wenig und langsam, dann aber plötzlich, so vermag selbst eine Belastung von 207½g mit einer auffallend kurzen Dauer der verborgenen Reizung verbunden zu sein.

2. Vergleicht man die Zeitwerthe, welche die Nervenreizung Nr. 1 bis 9 geliefert hat, mit denen, welche die unmittelbare Muskelerregung in Nr. 10 bis 20 gab, so findet man, dass der zweite Fall im Allgemeinen eine kürzere Dauer als der erstere darbot. Lassen wir den elektrischen Strom durch den Muskel selbst gehen, so fällt zunächst die Zeit hinweg, die für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung von der angesprochenen Stelle bis zu dem Eintrittsorte der Nervenfasern in den Muskel nöthig ist. Diese Zeitgrösse liegt aber noch innerhalb der Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler. Denn nehmen wir an, dass die Fort-

pflanzungsgeschwindigkeit der Nervenerregung 27 m in der Secunde bei dem während der Versuchszeit stattfindenden Wärmegrade beträgt und jene Entfernung selbst 6 cm gleicht, so würde die ihr entsprechende Grösse nur 0,002 Secunde gleichen. Sollte auch die Zeit der Inductionswirkung der Nervenerregung auf die Muskelfasern hinwegfallen, indem der elektrische Strom die Muskelfasern unmittelbar zur Zusammenziehung zwingt, so dürfte auch dieses nicht den gesammten Zeitunterschied erklären. Die Hauptursache liegt wahrscheinlich darin, dass im Allgemeinen die Zusammenziehung bis zu einer merklichen Grösse rascher ansteigt, wenn der Strom die Muskelmasse selbst, als wenn er die Nerven durchsetzt. Diese Erscheinung erinnert an die Thatsache, dass die Sinnesnerven eine grössere negative Schwankung liefern, wenn die Schläge des Magnetelektromotors sie selbst treffen, als wenn man die ihnen entsprechenden specifischen Reize zur Anregung gebraucht.

3. Die grösste Hubhöhe der nur gespannten Muskeln nimmt mit der Zunahme des Belastungsgewichtes, jedoch nicht in gleichem Maasse, ab. Man hat also hier im Wesentlichen das Gleiche wie in den gedehnten Muskelmassen.

4. Eine bedeutendere Hubhöhe ist in der Regel mit einer längeren Dauer der Zusammenziehung und der Erschlaffung verbunden. Wir wollen nun dieses wiederum aus den beiden angeführten Versuchsreihen klar machen.

a) Nervenreizung.

Versuchsnummer	Gesammtes Zuggewicht in g	Grösste wirkliche Hubhöhe in mm	Dauer in Secunden		
			der Zusammenziehung	der Erschlaffung	Summe beider
21	7½	5,85	0,20	0,19	0,39
22	17½	3,22	0,15	0,12	0,27
23	27½	2,50	0,10	0,11	0,21
24	57½	1,35	0,04	0,04	0,08
25	107½	0,15	0,09 (flach)	0,05	0,14
26	207½	0,10	0,05 (flach)	0,03	0,08
27	107½	0,35	0,07	0,04	0,11
28	57½	1,20	0,07	0,04	0,11
29	27½	1,80	0,07	0,06	0,13
30	17½	2,10	0,11	0,10	0,21
31	7½	4,05	0,8	0,14	0,32

b) Unmittelbare Muskelreizung.

Versuchs-nummer	Gesammtes Zuggewicht in g	Grösste wirkliche Hubhöhe in mm	Dauer in Secunden		
			der Zusammenziehung	der Erschlaffung	Summe beider
32	7½	9,75	0,21	0,21	0,41
33	17½	7,35	0,20	0,14	0,34
34	27½	4,95	0,16	0,15	0,31
35	57½	3,75	0,14	0,11	0,25
36	107½	2,70	0,12	0,08	0,20
37	207½	0,68	0,16	0,13	0,29
38	107½	2,25	0,11	0,10	0,21
39	57½	2,50	0,12	0,13	0,25
40	27½	3,15	0,15	0,12	0,27
41	17½	4,20	0,23	0,22	0,45
42	7½	5,25	0,26	0,26	0,52

Die vorkommenden Ausnahmen hängen nicht immer von untergeordneten Verschiedenheiten der Empfänglichkeit oder der Erregung ab. Stärkere Belastungen z. B. erzeugen bisweilen eine krampfhaft angestrengte längere Dauer der Zusammenziehung. Auch Ermüdungserscheinungen, welche die Muskelthätigkeit überhaupt verlangsamen, können störend wirken. Abgesehen davon aber bleibt der für einen Augenblick mittelbar oder unmittelbar gereizte wenig belastete Muskel länger zusammengezogen und erschlafft zugleich langsamer.

5. Die Zeit, welche die Zusammenziehung in Anspruch nimmt, ist bald grösser und bald kleiner als die, welche die Erschlaffung fordert. Beide pflegen nur wenig von einander abzuweichen, sie fallen sogar bisweilen gleich aus, wenn die Verkürzung des nicht gedehnten Muskels ruhig und weder stürmisch noch krampfhaft vor sich geht und die Reizempfänglichkeit nicht allzusehr gesunken ist. Der ermüdete oder nur noch in geringem Grade erregungsfähige Muskel hat in der Regel eine grössere Erschlaffungs- als Verkürzungsdauer.

Tetanisirt man mit dem Magnetelektromotor, so sieht man häufig, dass die Erschlaffung um so rascher abläuft, je bedeutender das Zuggewicht ist. Es fand sich z. B.

a) Nervenreizung.

Versuchsnummer	Gesammtes Zuggewicht in g	Dauer der Tetanisation und der Zusammenziehung in Sec.	Wirkliche Hubhöhe in mm		Dauer der Erschlaffung in Sec.	Zeitdauer der Erschlaffung, die der Verkürzung = 1
			grösste	kleinste		
43	7½	3,70	3,45	3,15	1,38	0,38
44	17½	3,30	3,38	3,30	0,88	0,26
45	27½	3,10	3,20	3,15	0,68	0,22
46	57½	3,40	2,70	2,10	0,28	0,08
47	107½	3,10	1,65	1,65	0,15	0,05
48	207½	2,90	0,45	0,25	Wegen Unbestimmtheit des Ueberganges nicht messbar	
49	107½	2,90	0,75	0,60		
50	57½	2,90	1,20	1,12		
51	27½	2,90	1,65	1,50		
52	17½	3,30	1,95	1,05	1,05	0,15
53	7½	3,70	2,25	1,35	1,35	0,37

Diese Versuche wurden 5 bis 8 Minuten nach der Zerstörung des centralen Nervensystemes angestellt.

Ein anderer Frosch gab:

b) Unmittelbare Muskelreizung.

Versuchsnummer	Gesammtes Zuggewicht in g	Dauer der Tetanisation und der Zusammenziehung in Sec.	Wirkliche Hubhöhe in mm		Dauer der Erschlaffung in Sec.	Zeitdauer der Erschlaffung, die der Verkürzung = 1
			grösste	kleinste		
54	7½	3,40	3,00	2,85	1,04	0,31
55	17½	3,10	2,55	2,10	0,40	0,13
56	27½	2,80	1,80	1,50	0,32	0,12
57	57½	3.40	1,50	1.20	0,31	0,09
58	107½	3,20	1,50	1,35	Wegen Unbestimmtheit des Ueberganges nicht zu ermitteln	
59	207½	3,80	0,15	0,15		
60	107½	3,00	0.30	0,30		
61	57½	3,10	0,66	0,60	0,45	0,14
62	27½	3,30	1,20	1,50	0,67	0,20
63	17½	3,60	1,60	1,55	0,60	0,17
64	7½	3,60	2,25	1,35	0,61	0,17

Die Erfahrungen dieser Tabelle wurden 4 bis 10 Minuten nach der Zermalmung von Gehirn und Rückenmark gewonnen.

Setzt man die Tetanisation lange Zeit fort, so ermüdet der Muskel in hohem Grade. Die Zeit der Erschlaffung übertrifft dann

die der Verkürzung um so mehr, je tiefer die Erschöpfung durchgreift. Man hat dann bald eine asymptotische Erschlaffung, so dass der Muskel seine ursprüngliche Länge gar nicht oder erst nach einer Reihe von Minuten wieder erreicht.

Reizt man den Nerven oder den Muskel mit einem Kettenstrom, der nur einen Bruchtheil einer Secunde anhält, so kommt es auch bei grossen Belastungen vor, dass die Erschlaffung auffallend kürzer als die Zusammenziehung dauert. Die durch die übergrosse Anstrengung in kurzem eintretende Ermüdung kann auch das Entgegengesetzte bei übermässigen Belastungen herbeiführen.

6. Berechnet man wie gewöhnlich die Nutzwirkung nur nach dem Producte der Belastung und der grössten Hubhöhe, so führt der gespannte Muskel zu derselben Norm, die von dem gedehnten längst bekannt ist, d. h. die grösste Nutzwirkung entspricht weder dem kleinsten Zuggewichte und der stärksten Verkürzung, noch der schwersten Last und der geringsten Zusammenziehung, sondern einem Zwischenwerthe beider. Die Hubhöhen stehen nicht in gerade umgekehrtem Verhältnisse der Zuggewichte, weil die Nutzwirkung keine unveränderliche Grösse bildet. Könnte man die Belastungen stetig ändern und würden dann auch die Hubhöhen stetig wachsen, so müsste sich jede unendlich kleine Zu- oder Abnahme des Maximum oder des Minimum der Nutzwirkung zu der entsprechenden unendlich kleinen Aenderung der Hubhöhe, wie das endliche Zuggewicht zur endlichen Hubhöhe verhalten. Da wir aber die Belastungen nur sprungweise in der Wirklichkeit wechseln können, so lässt sich dieser Satz nicht sicher auf Erfahrungsergebnisse anwenden, besonders da es die bei den Einzelversuchen eingreifende Ermüdung zweifelhaft macht, ob man die wahren dem Maximum entsprechenden Werthe gefunden hat oder nicht.

7. Ich suchte schon mehrfach hervorzuheben, dass diese gewöhnliche Auffassungsweise der Muskelarbeit nicht genügt, weil sie die Grösse der Thätigkeitsdauer, also die Zeit, während welcher die Verkürzung anhält, nicht berücksichtigt. Man muss daher die Nutzwirkung nicht bloss nach der Belastung und der Hubhöhe, sondern auch noch nach der Arbeitszeit, also z. B. nicht nach Grammen-Centimetern, sondern nach Grammen-Centimeter-

Secunden bestimmen. Diese Auffassungsweise würde für jeden Fall genügen, wenn die Arbeitsgrösse die ganze Zeit hindurch gleich wäre. Da aber eine jede Zusammenziehung der Muskelfaser eine Ermüdung, daher eine Zersetzung ihrer Masse und in Folge dessen eine immer geringere Leistung bedingt, so ändert sich auch die Arbeitsgrösse von einem unendlich kleinen Zeittheile zum andern. Jede endliche Muskelarbeit bildet daher ein Integral oder die Summe einer Reihe unendlich kleiner Grössen, deren Werthe von dem dem gegebenen Falle entsprechenden Ermüdungsgesetze abhängen, wenn die Belastung unverändert bleibt. Ist aber diese letztere Norm unbekannt, so könnte nur eine unendlich kleine Arbeitsdauer einen vollkommen genügenden Werth der Nutzwirkung geben. Man wird sich daher diesem Ideale in der Erfahrung um so mehr nähern, einen je kleineren Bruchtheil einer Secunde der Muskel zusammengezogen bleibt.

Noch ein anderer, so viel ich weiss, bis jetzt ausser Acht gelassener Umstand kommt hier in Betracht. Man muss nicht bloss die Arbeitsleistung des Muskels während seiner Zusammenziehung, sondern auch die während seiner Erschlaffung berücksichtigen. Beide unterscheiden sich nur dadurch, dass jene auf- und diese absteigend fortschreitet. Fällt, wie häufig, besonders bei kleinen Belastungen und kurzer Arbeitszeit, der aufsteigende Theil der Muskelcurve dem absteigenden ähnlich oder selbst congruent aus, so hat man den gleichen und nur umgekehrten Gang der Erscheinungen. Man darf jedoch hierbei einen wesentlichen Unterschied nicht übersehen.

Die Zusammenziehung hebt die Belastung, so dass die in der gegebenen Zeit gelieferte Arbeitsgrösse von der Hubhöhe ohne weiteres abhängt. Denken wir uns hingegen diese bei ihrem Maximum am Ende der Zusammenziehung angelangt und das Gewicht plötzlich frei gemacht, so würde es die Schwere senkrecht fallen lassen. Diese Fallzeit ist aber immer kleiner als die, während welcher die Erschlaffung anhält. Die Summe der unendlich vielen Hubhöhen, welche während der Erschlaffung auftreten, minus der Fallwirkung des Zuggewichtes, rührt also von der Erschlaffungsarbeit des Muskels her. Man wird nicht sehr irren, wenn man die

Fallzeit des Gewichtes ihrer Kleinheit wegen in den Berechnungen unbeachtet lässt und die Arbeit der Erschlaffung in ähnlicher Weise wie die der Verkürzung bestimmt.

Die asymptotische Erschlaffung, die man z. B. nach längerer Tetanisation des Nerven oder des Muskels erhält, liefert immer eine weit grössere Arbeit als die Zusammenziehung. Dasselbe kann schon nach einfachen Verkürzungen vorkommen, wenn die Muskelmasse bedeutend ermüdet worden oder die Reizbarkeit im Laufe der Zeit beträchtlich gesunken ist.

Die beiden bei Gelegenheit der verborgenen Reizung unter Nr. 1 bis 20 angeführten Versuchsreihen mögen als Beispiele für die Berechnung der Arbeitsleistungen dienen.

Versuchsnummer	Gesammtes Zuggewicht in g	Dauer der verborgenen Reizung in Sec.	Grösste wirkliche Hubhöhe in mm	Dauer in Secunden der		Muskelarbeit			
						in Grammen-Centimetern	in Grammen-Centimeter-Secunden		
				Zusammenziehung	Erschlaffung		der Zusammenziehung	der Erschlaffung	Gesammtwerth
				a) Nervenreizung.					
1	7½	0,020	5,85	0,20	0,19	4,38	0,88	0,73	1,61
2	17½	0,027	3,32	0,15	0,12	5,64	0,84	0,68	1,52
3	27½	0,076	2,50	0,10	0,11	6,87	0,69	0,75	1,44
4	57½	0,108	1,35	0,04 flach	0,04	7,16	0,31	0,31	0,62
5	107½	0,297	0,15	0,09 flach	0,05	1,61	0,14	0,22	0,36
6	207½	0,297	0,10	0,05	0,03	0,21	0,01	0,006	0,016
7	107½	0,297	0,35	0,07	0,04	3,77	0,26	0,15	0,41
8	57½	0,087	1,20	0,07	0,04	6,90	0,48	0,28	0,76
9	27½	0,081	1,80	0,07	0,06	4,95	0,35	0,30	0,63
10	17½	0,068	2,10	0,11	0,10	3,68	0,40	0,37	0,77
11	7½	0,040	4,05	0,18	0,14	3,03	0,55	0,42	0,97
				b) Unmittelbare Muskelreizung.					
12	7½	0,011	9,75	0,21	0,21	7,31	1,52	1,52	3,04
13	17½	0,012	7,35	0,20	0,14	12,86	2,57	1,80	4,37
14	27½	0,015	4,95	0,16	0,15	13,61	2,18	2,04	4,22
15	57½	0,025	3,75	0,14	0,11	21,56	3,02	2,37	5,39
16	107½	0,032	2,70	0,12	0,08	29,02	3,48	2,32	5,80
17	207½	0,067	0,68	0,16	0,13	14,11	2,26	1,83	4,19
18	107½	0,034	2,25	0,11	0,10	24,19	2,66	2,42	5,08
19	57½	0,031	2,50	0,12	0,13	14,38	1,73	1,87	4,60
20	27½	0,027	3,15	0,15	0,12	8,66	1,29	1,04	2,33
21	17½	0,020	4,20	0,23	0,22	7,35	1,69	1,61	3,30
22	7½	0,020	5,25	0,26	0,26	3,84	1,60	1,00	2,00

Wie die verborgene Reizung meist kürzere Zeit bei der unmittelbaren Muskelerregung als bei der Ansprache des Hüftgeflechtes dauerte, so gab auch dieselbe Belastung grössere Hubhöhen in dem ersten als in dem zweiten Falle. Berechnet man zunächst die Nutzwirkung als das blosse Product der Hubhöhe in die gehobene Last, so zeigt sowohl die erste Versuchshälfte, die sich auf den weniger ermüdeten Muskel bezieht, als die zweite einer jeden der beiden Reihen, dass der grösste Werth bei $57\frac{1}{2}^{g}$ nach Reizung des Hüftgeflechtes und erst nach 107^{g} Belastung bei unmittelbarer Muskelerregung eintrat. Die absoluten Zahlen der Arbeitsleistung gleichen 7,61 und $6{,}90^{g\text{-}cm}$ in jenem und 29,02 und 21,19 in dem zweiten Falle. Die Ermüdung setzte also nur diese Grössen herab, ohne das allgemeine Gesetz zu ändern.

Die vollständigere, die Arbeitszeit zugleich berücksichtigende Rechnung führt häufig zu untergeordneten Unregelmässigkeiten. Sie rühren von den Nebenverhältnissen her, welche die Dauer der Zusammenziehung und der Erschlaffung bestimmen. Sie fällt z. B. im Allgemeinen bei geringeren Belastungen grösser als bei beträchtlicheren aus. Diese können die Zeit verlängern oder verkürzen, je nachdem der Muskel das schwere Zuggewicht allmählich oder rasch und krampfhaft hebt. Die Ermüdung oder eine starke Abnahme der Erregungsfähigkeit lässt meist die Erschlaffung länger anhalten. Daraus erklärt sich, weshalb in unseren Beispielen die Nervenreizung die grössten Arbeitswerthe von 1,61 und $0{,}97^{g\text{-}cm\text{-}Sec}$ schon bei einer Belastung von nur $7\frac{1}{2}^{g}$ lieferte. Die unmittelbare Muskelerregung gab einen ähnlichen Gang wie die gewöhnliche Berechnungsweise, nämlich die höchsten Werthe von 5,80 und $5{,}8^{g\text{-}cm\text{-}Sec.}$ bei $107\frac{1}{2}$ Belastung.

8. Die Muskelcurven, welche die elektrische Tetanisation des Hüftgeflechtes oder des Wadenmuskels liefert, bleiben sich, abgesehen von Grössen der Hubhöhen, gleich, der Muskel möge nur gespannt oder vorher noch gedehnt worden sein.

9. Eine grössere Versuchsreihe lehrte, dass der physiologische Elektrotonus eine der gleichen vier Möglichkeiten in beiden Fällen darbieten kann, Erhöhung oder Erniedrigung der Wirkungen zu beiden Seiten der von dem beständigen Strome durch-

flossenen Nervenstrecke oder Zunahme an der negativen und Verkleinerung an der positiven oder umgekehrt.

Der nur gespannte Muskel gehorcht also im Wesentlichen denselben Gesetzen wie der vorher mässig gedehnte. Er liefert nur geringere Hubhöhen als dieser. Diese Beziehung kehrt sich dagegen für sehr starke langsame oder rasche Dehnungen um, wenn diese die Reizempfänglichkeit bedeutend herabsetzen.

XXXIX. Der Einfluss der Blausäure auf die Sauerstoffaufnahme der Frösche.

Die Angabe, dass die Blausäure die Aufnahme des Sauerstoffes unmöglich mache und den Tod auf diese Weise herbeiführe, bewog mich, eine Reihe von Versuchen an Fröschen nach demselben Verfahren anzustellen, das ich in den eudiometrisch-toxicologischen Untersuchungen befolgt und in der ersten Abtheilung derselben erläutert habe[1]). Die Thiere (Rana esculenta) waren frisch eingefangen. Ein Theil der Beobachungen wurde im Juli und August und ein anderer im October angestellt.

Vier Jahre alte, von Anfang an mit einem Tropfen Schwefelsäure versetzte, vor Licht und Luft möglichst geschützte, 2 procentige Blausäure diente zu den beiden ersten Versuchsreihen. Sie tödtete die Frösche verhältnissmässig schnell. Frische 2 procentige Blausäure wurde zu den übrigen Versuchen gebraucht. 55 Grade oder Tropfen der benutzten Pravaz'schen Spritze entsprachen 1g destillirten Wassers.

Erste Versuchsreihe.

Körpergewicht des Frosches . . .	=	20,57g,
Rauminhalt desselben	=	18,10ccm,
Eigenschwere	=	1,14g.
Zu Gebote stehende Behälterluft .	=	301,07 — 18,10 = 282,97ccm.

Ich untersuchte zuerst den Gaswechsel des kleinen, gesunden, zahlreiche Eier enthaltenden Thieres zwei Tage hinter einander je 6 Stunden, spritzte ihm an dem dritten Tage 55 Tropfen der Blausäure in den Unterleib und setzte es unmittelbar darauf für $6^1/_2$ Stunden in den Behälter ein. Der Frosch, der im Anfange

1) Archiv für experimentelle Pathologie Bd. 5 S. 43.

wie todt, den Kopf nach unten gesenkt, dalag, richtete sich 20 Minuten später auf, hob zum letzten Male das eine Hinterbein 40 Minuten nach der Vergiftung und gab dann kein Lebenszeichen mehr von sich. Das schon seit mehreren Stunden todte Thier lieferte noch eine reichliche schleimigte Hautabsonderung in Folge der mechanischen Reizung, welche das zur Umfüllung des Behältergases in das Eudiometer eingegossene Quecksilber erzeugte.

Man hatte als Grundwerthe:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Auf 0° C. zurückgeführter Barometerstand in mm	Wärme der Luft in Celsiusgraden		Endunterschied der Quecksilberhöhe der Druckröhre in mm
				am Anfange	am Ende	
1	gesund	6	711,95 u. 711,65	19,2°	19,3°	— 8,0
2	dsgl.	6	710,98 u. 711,03	18,5	18,7	— 3,0
3	mit 55 Tropfen alter Blausäure vergiftet	6½	717,83 u. 718,36	18,3	18,3	+ 7,4
4	todt	20	718,36 u. 718,46	18,4	17,6	+ 4,0

Die Gasanalysen lieferten:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Volumenprocente der Endluft		Volumenprocente des aufgenommenen Sauerstoffes	Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			Kohlensäure	Sauerstoff		
1	gesund	6	3,57	11,24	9,72	2,72
2	dsgl.	6	2,90	17,35	3,61	1,24
3	mit 55 Tropfen alter Blausäure vergiftet	6½	2,60	19,37	1,59	0,61
4	todt	20	1,77	19,56	1,40	0,80

Die nach der Kalibehandlung der Gasmischung vorgenommene Knallgasverpuffung gab hier in Nr. 3 ein etwas kleineres Normalvolumen als die unmittelbar vorangehende Bestimmung, wie wenn eine geringe Menge von Kohlenoxyd, Kohlenwasserstoff oder Wasserstoff vorhanden gewesen wäre. Ich konnte jedoch das Ergebniss nicht für so sicher ansehen, dass ich es in Berechnung gezogen hätte.

Die Endbestimmung gab:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen der Behälterluft in ccm		Auf ein Kilogramm und eine Stunde kommende Menge in g		Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			am Anfange	am Ende	ausgeschiedene Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	
1	gesund	6	241,90	238,91	0,137	0,278	2,03
2	dsgl.	6	242,40	241,14	0,112	0,104	0,93
3	mit 55 Tropfen alter Blausäure vergiftet	$6^1/_2$	245,05	247,80	0,095	0,038	0,40
4	todt	20	245,10	247,47	0,021	0,011	0,52

Der gesunde Frosch hatte, wie es bei der unbequemen Stellung, die er in dem Behälter einnahm, häufig vorkommt, eine verhältnissmässig bedeutende Menge von Sauerstoff aufgenommen. Dieser verringerte sich schon bedeutend in dem zweiten Versuche. Die Blausäurevergiftung setzte die Kohlensäureausscheidung um $^1/_6$ in Vergleich zu dem vorigen Tage und die Sauerstoffeinsaugung auf beinahe $^1/_3$ herab, so dass auch das Sauerstoffverhältniss um mehr als die Hälfte herunterging. Das todte, lange in dem geschlossenen Raume befindliche Thier entliess weniger als $^1/_4$ Kohlensäure und verzehrte nur beinahe $^1/_4$ des Sauerstoffes des sterbenden Geschöpfes. Das Sauerstoffverhältniss war aber dann grösser als während der Vergiftungszeit.

Berechnen wir, wie viel die Normalvolumina der in dem Behälter zuletzt vorhandenen Gasmischungen hätten betragen müssen, wenn der Stickstoff unverändert geblieben wäre, und vergleichen sie mit den gefundenen, so erhalten wir:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes im Behälter in Stunden	Normalvolumen am Ende des Versuches in ccm		
			berechnet	gefunden	Unterschied
1	gesund	6	227,02	238,91	+ 11,89
2	dsgl.	6	240,68	241,14	+ 0,46
3	mit 55 Tropfen alter Blausäure vergiftet	$6^1/_2$	247,53	247,80	+ 0,27
4	todt	20	245,90	247,47	+ 1,57

Die sehr starke Sauerstoffaufnahme des gesunden Thieres des ersten Versuches scheint von einer Stickstoffaushauchung begleitet worden zu sein. Die Blausäurevergiftung lieferte keine ausserhalb der möglichen Fehlergrenzen liegende Stickstoffänderung. Das todte Thier dagegen hauchte vielleicht eine geringe Menge dieses Gases aus.

Zweite Versuchsreihe.

Körpergewicht des Frosches . . . = 26,39 g,
Rauminhalt desselben . . . . . = 24,00 ccm,
Eigenschwere . . . . = 1,10 g.
Zu Gebote stehende Behälterluft . = 301,07 — 24,00 = 277,07 ccm.

Der todte Frosch hatte so viel Gase im Unterleibe entwickelt, dass dieser bedeutend aufgeschwollen erschien. Das Thier sank dann auch im Wasser nicht unter und besass eine Eigenschwere von 0,93 g.

Ich prüfte zuerst den gesunden Frosch zwei Tage hinter einander 6 1/4 und 6 Stunden auf seine Lungen- und Hautausdünstung, spritzte ihm am dritten Tage 30 Tropfen der vier Jahre alten 2procentigen Blausäure in die Unterleibshöhle und setzte ihn dann unmittelbar darauf in den Behälter. Er richtete sich sogleich auf den Hinterbeinen auf und athmete ziemlich lebhaft mit der Kehle, erschien später betäubt, beantwortete heftige Stösse an den Behälter nur mit dem Schlusse des rechten Augenlides und erwiederte sie später gar nicht mehr. Der Frosch hatte die Augen wiederum geöffnet 1 1/4 Stunde nach der Einverleibung des Giftes, bewegte die Vorderbeine und erholte sich nach und nach fast gänzlich. Dieses bewog mit dem Versuch nach 5 1/4 Stunden abzubrechen. Das zur Ueberfüllung des Gases in das Eudiometer nöthige Eingiessen des Quecksilbers in den Behälter rief keine Gegenbewegungen des Frosches, aber eine reichliche schleimigte Absonderung an der Haut hervor. Das herausgenommene Thier konnte nicht springen, nur mühsam kriechen. Es war nicht im Stande, sich umzudrehen, nachdem man es auf den Rücken gelegt hatte. Druck der Zehen erzeugte vergebliche Sprungversuche. Der Frosch schrie mehrere Male bei dem Anfassen, selbst wenn er noch nicht im Stande war, sich aus der Rücken- in die Bauchlage zu bringen. Er verrieth keinen deutlichen Blausäuregeruch.

Hatte ich ihm 54 Tropfen derselben Blausäure am folgenden Tage in die Bauchhöhle gespritzt und ihn unmittelbar darauf in den Behälter gebracht, so fiel er sogleich zusammen, nachdem er vorher eine reichliche Menge Harnes entleert. Er athmete in der Folge noch ein paar Mal mit der Kehle und bot zu gleicher Zeit Krampfstösse des Oberkörpers dar. Alle Gegenwirkungen nach mechanischen Erregungen fehlten ungefähr eine halbe Stunde nach der Einverleibung des Giftes. War der Frosch 6 ⅓ Stunden in dem Behälter verblieben, so riefen die stärksten Schläge des Ruhmkorff keine Muskelzusammenziehungen hervor. Ich setzte zuletzt noch bald darauf das todte Thier für 18 ⅚ Stunden ein.

Man hatte als Grundwerthe:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	auf 0° C. zurückgeführter Barometerstand in mm	Wärme der Luft in Celsiusgraden		Endunterschied der Quecksilberhöhe der Druckröhre in mm
				am Anfange	am Ende	
5	gesund	6¼	718,36	17,7°	19,3°	— 2,0
6	dsgl.	6	713,90 u. 715,28	17,8	18,3	— 3,0
7	mit 30 Tropfen alter Blausäure vergiftet	5¼	715,28 u. 719,58	17,6	17,8	— 1,0
8	mit 54 Tropfen derselben getödtet	6⅓	717,67 u. 715,85	17,5	17,4	+ 1,0
9	todt	18⅚	715,85 u. 711,68	18,6	18,2	+ 9,5

Die Gasanalyse lieferte:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Volumenprocente der Endluft		Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffes	Volumen des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			Kohlensäure	Sauerstoff		
5	gesund	6¼	2,61	17,91	3,05	1,17
6	dsgl.	6	2,90	16,90	4,06	1,71
7	mit 30 Tropfen alter Blausäure vergiftet	5¼	2,99	16,97	3,99	1,34
8	mit 54 Tropfen derselben getödtet	6⅓	2,26	19,61	1,35	0,60
9	todt	18⅚	2,90	18,69	2,27	0,79

Die Endberechnung giebt daher:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen der Behälterluft in ccm		Auf ein Kilogramm und eine Stunde kommende Menge in g		Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			am Anfange	am Ende	ausgeschiedene Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	
5	gesund	$6^{1}/_{4}$	240,80	237,64	0,074	0,055	0,74
6	dsgl.	6	239,16	237,14	0,086	0,090	1,05
7	mit 30 Tropfen alter Blausäure vergiftet	$5^{1}/_{4}$	239,86	240,76	0,103	0,098	0,95
8	mit 54 Tropfen derselben getödtet	$6^{1}/_{3}$	240,80	240,63	0,064	0,030	0,48
9	todt	$18^{5}/_{6}$	238,90	241,01	0,027	0,014	0,52

Die vorübergehende Betäubung und die darauf folgende Erholung war mit der Vergrösserung der Kohlensäureausscheidung und der Sauerstoffaufnahme verbunden. Ganz anders verhielt sich dagegen die tödliche Vergiftung. Sie setzte wiederum die ausgehauchte Kohlensäure und noch bedeutend mehr den verzehrten Sauerstoff herab, so dass das Sauerstoffverhältniss beträchtlich sank. Das todte, längere Zeit eingeschlossene Thier lieferte noch viel weniger Kohlensäure und nahm eine noch geringere Sauerstoffmenge auf. Das Sauerstoffverhältniss stieg aber wiederum um eine kleine Grösse. Die Aufnahme des Sauerstoffes fehlte weder während noch nach der tödlichen Vergiftung.

Vergleichen wir die unter der Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes berechneten Endvolumina der Behälterluft mit den gefundenen, so erhalten wir:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen am Ende des Versuches in ccm		
			berechnet	gefunden	Unterschied
5	gesund	$6^{1}/_{2}$	238,74	237,64	— 1,10
6	dsgl.	6	236,29	237,14	+ 1,15

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen am Ende des Versuches in ccm		
			berechnet	gefunden	Unterschied
7	mit 30 Tropfen alter Blausäure vergiftet	$5^1/_4$	237,46	240,76	+ 3,30
8	mit 54 Tropfen derselben getödtet	$6^1/_3$	244,99	240,63	— 4,36
9	todt	$18^5/_6$	240,91	241,01	+ 0,60

Die vorübergehende Vergiftung und Erholung scheint hiernach von einer geringen Ausscheidung, die tödliche Blausäurewirkung dagegen und die sie begleitende geringe Sauerstoffaufnahme von einer Aufnahme von Stickstoff begleitet gewesen zu sein. Doch liegen beide Unterschiede noch möglicherweise innerhalb der Grenzen der Irrungen der die Beobachtungsfehler stark vervielfältigenden Berechnung.

Die Behälterluft des 7., 8. und 9. Versuches entwickelte keinen unzweifelhaften Geruch nach Blausäure. Ich löste in allen diesen Fällen das Kali, welches zur Entfernung der Kohlensäure gedient hatte, in Wasser auf, machte die Flüssigkeit mit Salzsäure sauer, setzte einen oder wenige Tropfen einer Lösung von Schwefelammonium hinzu und entfernte das Ammoniak durch die Siedhitze. Eisenchlorid erzeugte eine von Rhodankalium herrührende rothe Färbung in Nr. 8.

Dritte Versuchsreihe.

Körpergewicht des Frosches . . . = 51,98 g,
Rauminhalt desselben . . . . . = 48,20 ccm,
Eigenschwere . . . . = 1,08 g.
Zu Gebote stehende Behälterluft . . = 301,07 — 48,20 = 252,87 ccm.

Die Lungen- und die Hautausdünstung des sehr grossen gesunden Weibchens wurde zuerst $5^1/_{10}$ und $5^1/_2$ Stunden an zwei auf einander folgenden Tagen untersucht. Ich spritzte ihm 40 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure in den Unterleib an dem dritten Tage und setzte es unmittelbar darauf in den Behälter für $6^1/_3$ Stunden ein. Das Thier sank sogleich zusammen und erwiederte ungefähr eine Stunde lang Erschütterungen des Behälters mit immer schwächer werdenden Zusammenziehungen der Bauchmuskeln, nicht aber dem Schlusse der Augenlider oder Bewegungen der Beine.

32 Minuten nach der Vergiftung richtete sich der Frosch einmal von selbst auf. Er war in weniger als 1¼ Stunden nach der Einverleibung der Blausäure todt. Ich setzte noch später den abgestorbenen Frosch für 19 Stunden ein.

Die Grundwerthe waren:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Auf 0° C. zurückgeführter Barometerstand in mm	Wärme der Luft in Celsiusgraden		Endunterschied der Quecksilberhöhe der Druckröhre in mm
				am Anfange	am Ende	
10	gesund	5¹/₁₀	711,68 u. 710,58	18,2°	18,7°	— 12,0
11	dsgl.	5¹/₂	711,11 u. 711,48	18,3	18,4	— 7,0
12	mit 40 Tropfen frischer Blausäure getödtet	6¹/₂	710,55 u. 709,58	17,1	17,7	+ 8,5
13	todt	19	709,58 u. 710,90	17,8	17,5	+ 3,0

Die Gasanalysen lieferten:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Volumenprocente der Endluft		Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffes	Volumen des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			Kohlensäure	Sauerstoff		
10	gesund	5¹/₁₀	9,71	5,68	15,28	1,58
11	dsgl.	5¹/₂	6,72	11,13	9,83	1,47
12	mit 40 Tropfen frischer Blausäure getödtet	6¹/₂	6,02	18,92	2,04	0,34
13	todt	19	1,91	20,42	0,54	0,28

Es berechnet sich hiernach:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen der Behälterluft in ccm		Auf ein Kilogramm und eine Stunde kommende Menge in g		Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			am Anfange	am Ende	ausgeschiedene Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	
10	gesund	5¹/₁₀	217,15	212,52	0,154	0,182	1,18
11	dsgl.	5¹/₂	216,87	214,70	0,100	0,108	1,08
12	mit 40 Tropfen frischer Blausäure getödtet	6¹/₂	217,94	219,69	0,078	0,018	0,23
13	todt	19	216,92	218,58	0,008	0,001	0,13

Diese Versuchsreihe bestätigt die früher erhaltenen Ergebnisse. Das sehr grosse gesunde Froschweibchen nahm, wie gewöhnlich, eine verhältnissmässig bedeutende Menge von Sauerstoff aus der Luft des engen Behälters auf. Die tödliche Blausäurevergiftung liess die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure ungefähr auf $^3/_4$ und die des verzehrten Sauerstoffes auf $^1/_6$ des Werthes des vorhergehenden Tages sinken, so dass das Sauerstoffverhältniss auf weniger als $^1/_4$ herabging. Das todte, längere Zeit eingeschlossene Thier lieferte einen ausserordentlich geringen Gaswechsel. Vergleicht man die Werthe mit denen der Vergiftungszeit und der ersten Periode nach dem Tode, so sieht man, dass die Kohlensäure auf beinahe $^1/_{10}$ und der Sauerstoff auf $^1/_{18}$ herunterging. Das Sauerstoffverhältniss stieg dann nicht, wie bei kräftigerem Gaswechsel des todten Geschöpfes.

Die starke Sauerstoffaufnahme des gesunden Frosches bewirkte, wie immer in solchen Fällen, dass das Normalvolumen der Behälterluft am Ende kleiner als am Anfange war. Dieses Verhältniss kehrte sich wieder durch die Vergiftung um und blieb auch nach dem Tode des Thieres.

Die Berechnung unter der Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes giebt:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen am Ende des Versuches in ccm		
			berechnet	gefunden	Unterschied
10	gesund	$5^1/_{10}$	206,45	212,52	+ 6,07
11	dsgl.	$5^1/_4$	210,13	214,70	+ 4,57
12	mit 40 Tropfen frischer Blausäure vergiftet	$6^1/_2$	225,27	219,69	— 5,58
13	todt	19	219,89	218,58	— 1,31

Wir haben also wiederum positive Unterschiede während der stärkeren Sauerstoffaufnahme in dem engen geschlossenen Raume und negative bei der durch den Vergiftungstod erzeugten geringen Einsaugung dieses Gases.

Die Knallgasverpuffung und die früher erwähnte Prüfung auf Cyan in dem Kali, das die Kohlensäure der Gasmischung aufgenommen hatte, lieferte nur negative Ergebnisse in Nr. 12 und 13.

Vierte Versuchsreihe.

Körpergewicht des Frosches . . .	=	44,12 g,
Rauminhalt desselben	=	41,00 ccm,
Eigenschwere	=	1,08 g.
Zu Gebote stehende Behälterluft . .	=	301,07 — 41,00 = 260,07 ccm.

Nachdem ich die Lungen- und die Hautausdünstung des gesunden Thieres 5 und 6 Stunden an zwei auf einander folgenden Tagen geprüft hatte, spritzte ich ihm am dritten 55 Tropfen frischer 2procentiger Blausäure in die Unterleibshöhle und setzte es unmittelbar darauf in den Behälter, in dem es dann 5½ Stunden blieb. Mechanische Erregungen durch Stösse an den Behälter wurden im Anfange mit schwachen Körperstreckungen beantwortet. Das Luftvolumen nahm schon in dieser ersten, ungefähr 36 Minuten umfassenden Zeit merklich zu. Denn während die Stände des Baro- und des Thermometers so ziemlich die gleichen blieben, stieg das Quecksilber in der einen Hälfte der Druckröhre um 2½ mm, also der Innendruck um 5 mm innerhalb der ersten halben Stunde. Er nimmt dagegen in gesunden Fröschen, weil dem Volumen nach mehr Sauerstoff aufgenommen als Kohlensäure ausgeschieden wird, sogleich ab. Das Thier stellte sich dann ungefähr 15- bis 20mal rasch hinter einander auf und sank dann sogleich wieder herab. Es fiel zuletzt zusammen und beantwortete keine mechanische Erregung mehr. Der Innendruck hatte sich von neuem um 2 mm vergrössert. Nach 5½ Stunden herausgenommen, war es für die starken Schläge des Ruhmkorff in hohem Grade empfänglich. Ich setzte dann sogleich noch den todten Frosch für 18⅔ Stunden ein. Die Muskeln verhielten sich zuletzt unempfänglich gegenüber den starken Schlägen des Ruhmkorff.

Es ergaben sich als Grundwerthe:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Auf 0° C. zurückgeführter Barometerstand in mm	Wärme der Luft in Celsiusgraden		Endunterschied der Quecksilberhöhe der Druckröhre in mm
				am Anfange	am Ende	
14	gesund	5	710,90 u. 711,46	17,5°	17,7°	— 11,4
15	dsgl.	6	715,86 u. 715,65	17,4	18,3	— 7,5
16	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure getödtet	5½	717,96 u. 716,85	18,3	19,7	+ 10,0
17	todt	18⅔	716,85 u. 715,48	19,9	19,7	+ 5,6

Die Procentzusammensetzung der Gasmischungen betrug:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Volumenprocente der Endluft		Volumenprocente des aufgenommenen Sauerstoffes	Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			Kohlensäure	Sauerstoff		
14	gesund	5	6,36	13,84	7,12	1,12
15	dsgl.	6	8,94	10,61	10,35	1,16
16	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure getödtet	5½	4,35	19,67	1,29	0,31
17	todt	18⅔	4,11	18,84	2,12	0,52

Die Berechnung gestaltet sich hiernach:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen der Behälterluft in ccm		Auf ein Kilogramm und eine Stunde kommende Menge in g		Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			am Anfange	am Ende	ausgeschiedene Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	
14	gesund	5	223,84	220,15	0,126	0,107	0,85
15	dsgl.	6	225,85	222,10	0,149	0,129	0,87
16	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure getödtet	5½	225,25	226,55	0,053	0,016	0,30
17	todt	18⅔	223,16	224,71	0,022	0,008	0,36

Wir haben hier das gleiche Ergebniss wie früher, dass die Blausäurevergiftung die Kohlensäureaushauchung und in noch weit höherem Grade die Aufnahme des Sauerstoffes beschränkte, ohne jedoch diese gänzlich aufzuheben. Der todte, lange Zeit in dem geschlossenen Raume befindliche Frosch lieferte noch viel weniger Kohlensäure und liess nur unbedeutende Sauerstoffmengen verschwinden. Das Sauerstoffverhältniss dagegen stieg in geringem Grade.

Während die Quecksilbersäule der Druckröhre durch die Lungen- und Hautausdünstung des gesunden Thieres fortwährend sank, begann sie schon zu steigen, als sich die ersten durchgreifenden Vergiftungszeichen durch Blausäure zeigten, ohne dass die Aenderungen des Barometerstandes oder des Wärmegrades der Luft diesen Wechsel erklären konnten. Der Innendruck wuchs schon um 4^{mm} Quecksilber in der ersten halben Stunde nach der Vergiftung, als das Thier noch nicht todt war. Er war in der zweiten halben Stunde um weitere 3^{mm}, also im Ganzen um 7^{mm} gestiegen. Die nachfolgenden $4\frac{1}{2}$ Stunden, während deren das Thier todt war, führten nur zu einer ferneren Erhöhung von 3^{mm}.

Hatte die Entfernung der Kohlensäure des $5\frac{1}{2}$ Stunden nach der Vergiftung abgezapften Gases durch Kali und die Befeuchtung der Luftmasse ein Normalvolumen von $29{,}440^{ccm}$ gegeben, so lieferte ein Zusatz von $21{,}8^{ccm}$ Knallgas (ohne Reduction) ein Normalvolumen von $29{,}448^{ccm}$. Man hatte also keine Spur von Wasserstoff, Kohlenwasserstoff oder Kohlenoxyd. Das durch den todten Frosch veränderte Gas führte zu einem ähnlichen Ergebnisse.

Die Auflösung des zur Aufnahme der Kohlensäure gebrauchten Kalistückes in Wasser, der Zusatz von ein Paar Tropfen Schwefelammoniumlösung zu der vorher mit Salzsäure angesäuerten Flüssigkeit, die Entfernung des Ammoniaks durch die Hitze und die Beimischung einer Lösung von Eisenchlorid erzeugte keine Blausäurereaction.

Berechnen wir die Endvolumina der Behälterluft unter der Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes und vergleichen sie mit den gefundenen Werthen, so erhalten wir:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen am Ende des Versuches in ccm		
			berechnet	gefunden	Unterschied
14	gesund	5	222,14	220,15	— 1,99
15	dsgl.	6	222,67	222,10	— 0,57
16	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure getödtet	$5^1/_2$	232,14	226,55	— 5,59
17	todt	$18^2/_3$	227,60	224,71	— 2,89

Während der gesunde Zustand Unterschiede gab, die innerhalb der Grenzen der möglichen Beobachtungsfehler liegen, zeigte die Vergiftung eine verhältnissmässig grössere negative Abweichung, die für die spätere Zeit des gestorbenen Thieres beinahe auf die Hälfte herunterging.

Fünfte Versuchsreihe.

Körpergewicht des Frosches . . . = 62,77 g,
Rauminhalt desselben . . . . . = 58,30 ccm,
Eigenschwere . . . . = 1,08 g.
Zu Gebote stehende Behälterluft . . = 301,07 — 58,30 = 242,77 ccm.

Ich untersuchte zuerst die Lungen- und die Hautausdünstung des gesunden Thieres 6 $^1/_6$ Stunden lang, also während eines Zeitraumes, innerhalb dessen der Sauerstoff der Behälterluft bis auf 2,9 %, wie wir sehen werden, aufgesogen wurde. Ich wiederholte hierauf denselben Versuch am folgenden Tage nur für $1^5/_6$ Stunden, um einen Anhaltspunkt zum Vergleich mit der Zeitdauer zu erhalten, die zwischen der Verabreichung des Giftes bis zum Tode verläuft. Der Frosch war nach Beendigung des ersten und des zweiten Versuches sehr lebhaft und munter. Ich spritzte ihm 4 Stunden später 55 Tropfen der frischen 2 procentigen Blausäure in die Unterleibshöhle und setzte ihn unmittelbar darauf in den Behälter ein. Er athmete mit der Kehle ziemlich lebhaft in den ersten 3 Minuten, verstärkte diese Bewegung, wenn man an das Glas stiess, stand 6 Minuten nach der Vergiftung in Folge eines Krampfstosses von selbst auf, beantwortete aber später mechanische Erregungen nicht mehr. Das Quecksilber der Druckröhre zeigte schon nach einer Viertel- bis

einer halben Stunde nach der Vergiftung eine Erhöhung des Innendruckes an. Die Ueberfüllung des Gases wurde $1^1/_2$ Stunden nach dem Einsetzen vorgenommen, als ich sicher war, dass das Thier todt sei. Die Muskeln der Hinterbeine zeigten sich dann noch für elektrische Schläge in hohem Grade empfänglich. Ich prüfte zuletzt das todte Thier $18^1/_4$ Stunden lang.

Die Grundwerthe waren:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Auf 0° C. zurückgeführter Barometerstand in mm	Wärme der Luft in Celsiusgraden		Endunterschied der Quecksilberhöhe der Druckröhre in mm
				am Anfange	am Ende	
18	gesund	$6^1/_6$	715,48 u. 712,28	19,8°	20,45°	— 18,0
19	dsgl.	$1^5/_6$	711,61	19,5	19,6	— 9,0
20	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure getödtet	$1^1/_6$	711,11	19,2	19,6	+ 1,3
21	todt	$18^1/_4$	711,11	19,8	18,6	+ 4,0

Die Eudiometerbestimmungen gaben:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Volumenprocente der Endluft		Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffes	Volumen des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			Kohlensäure	Sauerstoff		
18	gesund	$6^1/_6$	11,92	2,90	18,06	1,51
19	dsgl.	$1^5/_6$	6,15	13,09	7,87	1,28
20	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure getödtet	$1^1/_6$	2,68	19,31	1,65	0,62
21	todt	$18^1/_4$	4,73	16,16	4,80	1,02

Man erhält hieraus als Endberechnung:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen der Behälterluft in ccm		Auf ein Kilogramm und eine Stunde kommende Menge in g		Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			am Anfange	am Ende	ausgeschiedene Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	
18	gesund	$6^1/_6$	207,99	200,97	0,123	0,140	1,14
19	dsgl.	$1^5/_6$	207,14	204,36	0,216	0,208	0,96
20	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure getödtet	$1^1/_6$	207,31	207,28	0,150	0,067	0,45
21	todt	$18^1/_4$	206,69	210,16	0,016	0,012	0,75

Als ich den grossen gesunden Frosch am ersten Tage prüfte, liess ich ihn eine verhältnissmässig lange Zeit in dem Behälter, so dass er den Sauerstoff der ihm zu Gebote stehenden Atmosphäre bis auf 2,9% aufzehrte und die Behälterluft mit beinahe 12% Kohlensäure schwängerte. Er war dessenungeachtet bei dem Herausnehmen so munter, dass er sogleich in den weitesten Sätzen davonsprang. Der zweite Versuch wurde nur $1^5/_6$ Stunden fortgesetzt, damit ich einen Vergleich mit der ersten Vergiftungszeit gewinnen könnte. Man sieht wiederum, wie schon frühere Beobachtungen gelehrt hatten, dass das Thier verhältnissmässig mehr Sauerstoff in dem ersten als in dem zweiten Versuche aufnahm.

Der dritte Versuch, den ich unmittelbar nach der Einspritzung der Blausäure in die Bauchhöhle anstellte, wurde nur $1^1/_6$ Stunden fortgesetzt, gerade so lange, bis das Thier kurz vorher gestorben war, das Herz aber noch schlug und die Muskelreizbarkeit noch einen hohen Grad ihrer früheren Kraft bewahrt hatte. Die Menge der ausgeschiedenen Kohlensäure ging dann auf ungefähr $^3/_4$ des unmittelbar vorhergehenden Versuches herab. Der aufgenommene Sauerstoff hingegen sank auf ein Drittheil. Diese Veränderungen treten also schon im Laufe der Vergiftungszeit selbst und nicht etwa erst nach dem Tode ein. Die $18^1/_4$ stündige Untersuchung des todten Thieres lehrte wiederum, dass der durchschnittliche Gas-

wechsel ausserordentlich schwach ausfiel, das Sauerstoffverhältniss aber von neuem stieg.

Berechnen wir endlich das Normalvolumen am Ende des Versuches unter Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes und vergleichen es mit dem gefundenen, so haben wir:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen am Ende des Versuches in ccm		
			berechnet	gefunden	Unterschied
18	gesund	$6^1/_6$	195,99	200,97	+ 4,98
19	dsgl.	$1^5/_6$	204,58	204,36	— 0,22
20	mit 55 Tropfen frischer 2procentiger Blausäure getödtet	$1^1/_6$	205,29	207,28	+ 1,99
21	todt	$18^1/_4$	206,55	210,16	+ 3,61

Die lange anhaltende Athmung in dem geschlossenen Raume führte, wie es scheint, zu einer Ausscheidung von Stickstoff, eine Erscheinung, die sich auch in Warmblütern wiederholt. Das Gleiche zeigte sich in dem vergifteten und besonders in dem todten Thiere. Der Unterschied ist für die nur $1^5/_6$ Stunden anhaltende Athmung des gesunden Thieres so gering, dass wir ihn bei den grossen Fehlerquellen dieser Berechnungsweise als Null ansehen können.

Sechste Versuchsreihe.

Körpergewicht des Frosches . . . = 53,90 g,
Rauminhalt desselben . . . . . . = 53,00 ccm,
Eigenschwere . . . . = 1,02 g.
Zu Gebote stehende Behälterluft . = 301,07 — 53,00 = 248,07 ccm.

Das grosse und lebhafte gesunde Froschweibchen wurde hier nur für $1^1/_2$ und dann für 1 Stunde untersucht, um unmittelbare Anhaltspunkte für die Vergiftungszeit zu gewinnen. Hatte ich 55 Tropfen der frischen 2procentigen Blausäure in den Unterleib an dem folgenden Tage gespritzt, so setzte ich das Thier nur für $^3/_4$ Stunden in den Behälter ein. Der Frosch zeigte dann eine etwas häufigere Kehlathmung in den ersten Minuten, sank bald zusammen und erwiederte mechanische Erregungen nicht mehr. Nur zweimal stellte er sich von selbst auf. Herausgenommen lag er ruhig, betäubt da, erwiederte den auf eine Hinterzehe ausgeübten Druck

nicht, sprang aber immer einmal hoch in die Höhe, wenn man eine Vorderzehe zusammenpresste, und blieb hierauf wiederum liegen. Dieser Versuch gelang zweimal hinter einander. Die Zunahme des Innendruckes der Behälterluft verrieth sich schon von den ersten Zeiten der Vergiftung an. Sie war stärker als der gleichzeitigen Erhöhung der Wärme entspräche. Ich setzte hierauf das noch nicht völlig abgestorbene Thier für 7½ Stunden ein. Es war schon am Anfange dieses Zeitraumes regungslos geworden. Das blossgelegte Herz schlug noch 11 mal in der Minute mit Vorkammern und Kammer. Die Muskeln besassen einen hohen Grad von Reizempfänglichkeit. Das unversehrte Thier nahm einen Raum von 54,90 ccm bei 53,90 g Gewicht ein. Er hatte also eine Eigenschwere von 0,98 g. Hatte man eine Oeffnung in den Bauchdecken gemacht, so dass die in dem Unterleibe befindlichen Gase entweichen konnten, so sank der Rauminhalt auf 53,00 ccm. Die Lungen blieben dabei auffallend stark durch Luft ausgedehnt.

Man hatte zunächst als Grundwerthe:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Auf 0° C. zurückgeführter Barometerstand in mm	Wärme der Luft in Celsiusgraden		Endunterschied der Quecksilberröhre der Drucksäule in mm
				am Anfange	am Ende	
22	gesund	1½	714,68	18,3°	18,8°	— 9,0
23	dsgl.	1	714,18	18,8	18,8	— 8,5
24	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure vergiftet	¾	712,46	17,0	17,6	+ 5,5
25	todt	7½	712,46 u. 715,31	17,8	17,8	+ 6,0

Das Endgas bestand aus:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Volumenprocente der Endluft		Volumenprocente des verzehrten Sauerstoffes	Volumen des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			Kohlensäure	Sauerstoff		
22	gesund	1½	3,99	15,56	5,40	1,35
23	dsgl.	1	3,35	16,91	4,05	1,21
24	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure vergiftet	¾	1,42	20,08	0,88	0,62
25	todt	7½	3,36	20,30	0,66	0,20

Die Endberechnung giebt daher:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen der Behälterluft in ccm		Auf ein Kilogramm und eine Stunde kommende Menge in g		Gewicht des aufgenommenen Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
			am Anfange	am Ende	ausgeschiedene Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	
22	gesund	1½	213,85	210,58	0,206	0,215	1,04
23	dsgl.	1	213,18	210,72	0,259	0,269	1,04
24	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure vergiftet	¾	214,01	213,57	0,150	0,058	0,39
25	todt	7½	213,69	216,40	0,036	0,003	0,08

Die kurzen Zeiträume, welche der gesunde Frosch in dem Behälter zubrachte, hatten zur Folge, dass er verhältnissmässig grosse Mengen von Kohlensäure ausschied, da die eingeathmete Luft weniger mit dieser Verbindung im Laufe der Zeit geschwängert wurde. Der einstündige Aufenthalt lieferte ungefähr ¼ mehr als der anderthalbstündige. Die Aufnahme des Sauerstoffes, die ebenfalls bedeutend ausfiel, betrug in jenem Falle ungefähr ¼ mehr als in diesem. Das Sauerstoffverhältniss änderte sich nicht.

Der Frosch, der nur an tiefgreifenden Vergiftungszeichen in den ersten ¾ Stunden litt und noch nicht abgestorben war, zeigte eine wesentliche Abnahme der gelieferten Kohlensäure und eine noch grössere des aufgenommenen Sauerstoffes. Jene sank um ungefähr ⅕ und dieser um beinahe ⅘ in Vergleich mit dem unmittelbar vorhergehenden Versuche. Das Sauerstoffverhältniss ging fast auf ⅓ herab. Alle diese Eigenthümlichkeiten verriethen sich schon während des Lebens des tödlich vergifteten Frosches.

Das abgestorbene Thier lieferte nur etwa ¼ der Kohlensäure des sterbenden innerhalb der ersten 7½ Stunden. Der verzehrte Sauerstoff ging auf 1/19 und das Sauerstoffverhältniss auf ⅕ herunter.

Die Berechnung des Normalvolumens der Endluft unter Voraussetzung der Unveränderlichkeit des Stickstoffes und der Vergleich mit dem gefundenen Werthe giebt:

Versuchsnummer	Zustand	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden	Normalvolumen am Ende des Versuches in ccm		
			berechnet	gefunden	Unterschied
18	gesund	1½	210,83	210,58	— 0,25
19	dsgl.	1	211,69	210,72	— 0,97
20	mit 55 Tropfen frischer 2 procentiger Blausäure vergiftet	¾	214,13	213,57	— 0,56
21	todt	7½	219,33	216,40	— 2,93

Die Unterschiede, welche der gesunde und der Vergiftungszustand darbieten, die weniger als 1^{ccm} betragen, sind bei den bedeutenden, der Berechnung zum Grunde liegenden Fehlerquellen so klein, dass sich keine Aenderung des Stickstoffes mit Sicherheit annehmen lässt. Die ersten 7½ Stunden nach dem Tode dagegen waren vielleicht von einer geringen Aufnahme von Stickstoff begleitet.

Ergebnisse.

1. Lässt man grosse Frösche nur kurze Zeit in dem geschlossenen Behälter verweilen, so unterhalten sie einen weit lebhafteren Gaswechsel als bei längerem Aufenthalte. Es rührt für die Kohlensäure davon her, dass die umgebende Luft mit diesem Gase weniger geschwängert wird. Während z. B. ein Aufenthalt von $6^1/_6$ Stunden $0{,}123^g$ für 1^{kg} Körpergewicht und die Stunde gab (Nr. 18), lieferte ein solcher von $1^5/_6$ Stunden $0{,}216^g$ (Nr. 19). Ein solcher von $1^1/_2$ Stunden hatte bei einem anderen Frosche $0{,}206^g$ nach $1^1/_2$ stündigem Verweilen und $0{,}259^g$ nach 1 stündigem. Da die entsprechenden Kohlensäurewerthe, die Regnault und Reiset[1]) erhielten, zwischen 0,061 und $0{,}105^g$ liegen, so liefert dieses einen neuen Grund für die schon aus anderen Ursachen aufgestellte Behauptung, dass die Vorrichtung, deren sich jene Forscher bedienten, die Nachtheile des Aufenthaltes in dem geschlossenen Raume nicht, wie man annahm, vollständig beseitigte und daher die erhaltenen Werthe dem vollkommen regelrechten Zustande

1) V. Regnault et J. Reiset, Recherches chimiques sur la respiration des animaux des diverses classes. Paris 1849. p. 178 — 183.

des Gaswechsels nicht entsprechen. Verhältnissmässig grössere Mengen des verzehrten Sauerstoffes entsprechen dann auch jenen bedeutenderen der ausgeschiedenen Kohlensäuremengen.

2. Die ausnahmslos auftretende Hauptwirkung der Blausäure auf den Gaswechsel der Frösche besteht in einer ausserordentlichen Verminderung der Sauerstoffaufnahme. Sie verräth sich sowohl durch eine geringere Procentmenge als durch die absolute, einem Kilogramm und einer Stunde entsprechende Grösse des verzehrten Sauerstoffes. Wir wollen dieses dadurch anschaulich machen, dass wir die Zahlen, welche das gesunde Thier ergeben, denen gegenüberstellen, die sich während der Blausäurevergiftung und unmittelbar nach dem Tode zeigten.

Versuchsnummern	Fehlende Sauerstoffprocente der Endluft		Auf ein Kilogramm und eine Stunde kommende Menge des verzehrten Sauerstoffes in g	
	gesund	vergiftet	gesund	vergiftet
1 2 3	9,72 u. 3,61	1,59	0,278 u. 0,104	0,038
5 6 8	3,05 u. 4,06	1,35	0,055 u. 0,090	0,030
10 11 12	15,28 u. 9,83	2,04	0,182 u. 0,108	0,023
14 15 16	7,12 u. 10,35	1,29	0,107 u. 0,129	0,016
18 19 20	18,06 u. 7,87	1,65	0,140 u. 0,208	0,067
22 23 24	5,40 u. 4,05	0,88	0,215 u. 0,269	0,058

Die Annahme dagegen, dass die Blausäure die Aufnahme des Sauerstoffes gänzlich hindere, bewährte sich nicht, wenigstens für Frösche, die mit 2procentiger Säure vergiftet worden. Nr. 20 und 24, die sich nur oder fast nur auf die tödliche Vergiftungszeit beziehen, lehren, dass dann immer noch Sauerstoff, wenn auch in geringer Menge, verzehrt worden. Diese Untersuchungen zeigen zugleich, dass die Abnahme der Sauerstoffeinsaugung nicht die unmittelbare Todesursache nach der Einverleibung der Blausäure bildet. Einwirkungen auf die physikalisch-chemische Beschaffenheit der Elemente des centralen Nervensystemes, vorzugsweise des grossen Gehirns, die mit jener Abnahme der Sauerstoffeinsaugung zusammenhängen oder auch nur neben ihr einhergehen, bilden wohl unzweifelhaft die Ursache der Lebensvernichtung.

3. Die Ausscheidung der Kohlensäure sinkt zwar im Allgemeinen ebenfalls während der Vergiftungszeit, allein weniger und selbst unbeständiger. Entwerfen wir für sie eine ähnliche Tabelle wie für den verzehrten Sauerstoff, so erhalten wir:

Versuchs-nummern	Kohlensäureprocente der Endluft		Auf ein Kilogramm und eine Stunde kommende Menge von Kohlensäure in g	
	gesund	vergiftet	gesund	vergiftet
1 2 3	3,57 u. 2,90	2,60	0,137 u. 0,112	0,095
5 6 8	2,61 u. 2,90	2,26	0,074 u. 0,086	0,064
10 11 12	9,71 u. 6,72	6,02	0,154 u. 0,100	0,078
14 15 16	6,36 u. 8,94	4,35	0,126 u. 0,149	0,053
18 19 20	11,92 u. 6,15	2,68	0,123 u. 0,216	0,150
22 23 24	3,99 u. 3,35	1,42	0,206 u. 0,259	0,150

Man darf übrigens in beiden Tabellen nicht übersehen, dass die nur der Vollständigkeit wegen hinzugefügten Volumenprocente einen sehr bedingten Werth für den Vergleich haben, weil die Aufenthaltszeiten in dem Behälter in hohem Grade wechselten. Nr. 18 und 20 lehren, dass die allein entscheidenden, auf 1^{kg} Körpergewicht und 1 Stunde bezogenen Zahlen, welche der ausgeschiedenen Kohlensäure entsprechen, ausnahmsweise etwas grösser während der Vergiftungszeit als in gesundem Zustande ausfallen können.

4. Das Sauerstoffverhältniss d. h. die Menge des verzehrten Sauerstoffes, die der ausgeschiedenen Kohlensäure als Einheit genommen, sinkt während und unmittelbar nach der tödlichen Vergiftungszeit beträchtlich, weil stets der verzehrte Sauerstoff mehr als die frei gewordene Kohlensäure abnimmt. Die Vergleichstabelle giebt in dieser Hinsicht:

Versuchs-nummern	Sauerstoffverhältniss			
	der Volumenprocente		der auf 1^{kg} Körpergewicht und 1 Stunde kommenden Werthe	
	gesund	vergiftet	gesund	vergiftet
1 2 3	2,72 u. 1,24	0,61	2,03 u. 0,93	0,40
5 6 8	1,17 u. 1,71	0,60	0,74 u. 1,05	0,48
10 11 12	1,58 u. 1,47	0,34	1,18 u. 1,08	0,23
14 15 16	1,12 u. 1,16	0,31	0,85 u. 0,87	0,30
18 19 20	1,51 u. 1,28	0,62	0,14 u. 0,96	0,45
22 23 24	1,35 u. 1,21	0,52	1,04	0,39

Nr. 18 bis 24 zeigen, dass die beträchtliche Abnahme des Sauerstoffverhältnisses schon während der Zeit der tödlichen Vergiftung eintritt.

5. Man erhält, wie gewöhnlich, einen sehr geringen Gaswechsel in den ersten 24 Stunden nach dem Tode, wenn der Frosch in dem geschlossenen Behälter länger verweilt. Die Mengen der ausgeschiedenen Kohlensäure und des verzehrten Sauerstoffes sinken dann beträchtlich. Vergleichen wir in dieser Hinsicht die Vergiftungszeit mit der nachfolgenden Periode, so haben wir:

Versuchsnummern	Dauer des Aufenthaltes in dem Behälter in Stunden		Auf 1kg Körpergewicht und 1 Stunde kommende Menge in g				Sauerstoffverhältniss dem Gewichte nach	
			Vergiftungszeit		spätere Zeit			
	Vergiftungszeit	spätere Zeit	ausgeschiedene Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	ausgeschiedene Kohlensäure	verzehrter Sauerstoff	Vergiftungszeit	spätere Zeit
3 4	$6^1/_2$	20	0,095	0,038	0,021	0,011	0,40	0,52
8 9	$6^1/_3$	$18^5/_6$	0,064	0,030	0,027	0,014	0,48	0,52
12 13	$6^1/_2$	19	0,078	0,018	0,008	0,001	0,23	0,13
16 17	$5^1/_2$	$18^2/_3$	0,053	0,016	0,022	0,008	0,30	0,36
20 21	$1^1/_6$	$18^1/_4$	0,150	0,067	0,016	0,012	0,45	0,75
24 25	$^3/_4$	$7^1/_2$	0,150	0,036	0,058	0,003	0,39	0,08

Mag auch der längere Aufenthalt des todten Thieres in dem geschlossenen Behälter zur Abnahme des Gaswechsels wesentlich beigetragen haben, so ist doch das Sinken so bedeutend, dass es wenigstens theilweise von den Nachwirkungen der Vergiftung herzurühren scheint. Die Aufnahme des Sauerstoffes nimmt bisweilen in der späteren Zeit noch mehr ab als in der Vergiftungsperiode, so dass sich das Sauerstoffverhältniss noch mehr verkleinert (Nr. 12. 13. 24. 25). Die Regel dürfte jedoch darin bestehen, dass sie wiederum allmählich steigt, so dass sich auch das Sauerstoffverhältniss von neuem vergrössert.

6. Wird die tödliche Vergiftung von einer sehr geringen Sauerstoffaufnahme begleitet, so scheint im Allgemeinen gleichzeitig Stickstoff aus der umgebenden Luft zu verschwinden. Die Berechnungen, auf denen dieser Schluss fusst, enthalten jedoch so bedeutende Irrungsquellen durch die beträchtliche Vervielfältigung der

Beobachtungsfehler, dass sich jene Folgerung leicht als Irrthum erweisen könnte.

7. Reicht die Menge der in die Bauchhöhle gespritzten Blausäure zur Tödtung nicht hin, so verringert sich zwar auch schon die auf das Kilogramm Körpergewicht und die Stunde kommende Menge des aufgenommenen Sauerstoffes. Die der ausgehauchten Kohlensäure kann aber in geringem Grade steigen.

8. Es gelingt bisweilen, die Anwesenheit von Blausäuredämpfen in der Behälterluft dadurch nachzuweisen, dass man das Kali, welches zur Entfernung der Kohlensäure gedient hat, in Wasser löst, einen oder ein paar Tropfen einer Lösung von Schwefelammonium hinzufügt, das Ganze der Siedhitze so lange aussetzt, bis aller Ammoniakgeruch geschwunden ist, die Flüssigkeit mit Salzsäure sauer macht und eine rothe, von Rhodankalium herrührende Färbung nach einem Zusatze von einem Tropfen Eisenchloridlösung erhält. Die, wie alle Ozonreactionen, unzuverlässige Probe, ein Papier, das mit einer Lösung von schwefelsaurem Kupferoxyd und einer aus dem Holze (nicht dem Harze) des Guajak bereiteten Tinctur durchtränkt ist, in der Behälterluft grün werden zu lassen, gelingt bisweilen. Sie liefert jedoch keinen sicheren Beweis, weil schon Dämpfe der Blausäure durch die Stichwunde des Unterleibes unmittelbar entweichen konnten.

9. Obgleich die starke Abnahme der Sauerstoffeinsaugung nach Blausäurevergiftungen auffallen muss, so kehrt doch etwas Aehnliches nach der Verabreichung von Antiar, Muscarin, Atropin u. dgl. wieder. Wie die Blausäure die Frösche nicht in Folge von allgemeinem Sauerstoffmangel tödtet, so erzeugt sie auch keine Veränderungen des Gaswechsels, die nicht nach der Verabreichung anderer tödlicher Körper in ihren Haupttypen wiederkehren könnten.

XL. Der Sauerstoffgehalt der Luft, in welcher Frösche erstickt sind.

Untersuchungen, die ich über das Athmen in dem geschlossenen Raume anstellte, führten unter Anderem zu einem Falle, in welchem zwei von vier Fröschen, die 4 Tage lang in der geschlossenen Vorrichtung verweilt hatten, zu Grunde gingen, als die umgebende Luft nur erst 5,60% Kohlensäure und noch 12,02% Sauer-

stoff enthielt[1]). Paul Bert[2]) machte eine ähnliche Erfahrung bei einem Sauerstoffgehalte von 13%. Spätere gelegentlich angestellte Beobachtungen belehrten mich, dass einzelne Frösche scheinbar ganz munter den geschlossenen Raum verlassen können, wenn der Sauerstoffgehalt der Luft derselben bis auf 5,68% und selbst 2,90% heruntergegangen ist. Es schien mir daher nicht unzweckmässig, die Grenzen der Luftverderbniss des geschlossenen Raumes, welche einzelne Frösche ertragen, durch Versuche festzustellen.

Das Thier kam in einen Behälter, der 301,07 ccm Hohlraum darbot, wenn das Quecksilber des in dem luftdicht schliessenden Deckel befindlichen Manometers bis zu einem gewissen Scalengrade reichte. Die Luftmenge, welche dem Gaswechsel des Frosches zu Gebote stand, glich also jener um den Rauminhalt des Thieres verminderten Grösse. War es erstickt, so füllte ich eine Gasprobe durch Eingiessen von Quecksilber und Oeffnung eines Schliessungshahnes in das Eudiometer über und bestimmte die Kohlensäure und den vorhandenen Sauerstoff. Hatte ich den zur Ermittelung von jener eingeführten kleinen Kalicylinder entfernt, so verliess ich mich nie darauf, dass das Gas trocken sei, sondern führte an einem mit Schutzspitzen versehenen Eisendrahte einen mit Wasser durchtränkten kleinen Cylinder von Filtrirpapier so ein, dass ein Endtheil die Wand des Eudiometers bis zur Höhe der eingeschmolzenen Platindrähte streifte und befeuchtete. Ich konnte daher sicher sein, dass das Gas nach längerer Zeit mit Wasserdampf für seine Wärme gesättigt war. Ich setzte dann nach vollführter Ablesung ungefähr $^{2}/_{5}$ bis die Hälfte des in dem Eudiometer befindlichen Luftvolumens Knallgas hinzu, um nachzusehen, ob sich das Normalvolumen nach der Verpuffung verkleinert hat und man daher weiter auf die Anwesenheit von Wasserstoff, Kohlenoxyd oder Kohlenwasserstoff zu untersuchen habe. Man begegnet hierbei bisweilen dem Fehler, dass das Normalvolumen nach der Verbrennung etwas grösser als vor derselben ausfällt, wenn man auch sicher ist, dass keine merkliche Menge atmosphärischer Luft dem Knall-

1) Zeitschrift für rationelle Medicin 3. Reihe Bd. 10 S. 75.

2) Paul Bert, Leçons sur la physiologie comparée de la respiration. Paris 1870. p. 511—513.

gase beigemengt war[1]), sei es dass dieses seine beiden Bestandtheile nicht genau in denselben Verhältnissmengen wie das Wasser enthält oder sich Dämpfe von beträchtlicher Spannung, z. B. solche von Salpetersäure, bei der Verpuffung entwickelten. Solche Fälle gestatten natürlich kein Urtheil, ob Wasserstoff, Kohlenoxyd oder Kohlenwasserstoff dagewesen. Nimmt das Normalvolumen durch die Verbrennung des Knallgases ab, so wird die nun gebildete Kohlensäure durch Kali entfernt und das Gas abermals angefeuchtet. Da wenig Sauerstoff zu erwarten war, so setzte ich nur verhältnissmässig wenig Wasserstoff hinzu und füllte so viel Knallgas nach, dass sich eine vollständige Verbrennung erwarten liess. Nahm die in dem Eudiometer enthaltene Luftmenge einen etwas grösseren Rauminhalt ein als vor dem Zusatze von Wasserstoff, so war wahrscheinlich aller Sauerstoff verschwunden. Eine neue Verpuffung frisch hinzugesetzten Knallgases konnte jeden Zweifel beseitigen, ob das erste Mal Wasserstoff oder Knallgas unverbrannt zurückgeblieben.

Starb ein Frosch im Laufe der Nacht, so dass das todte Thier noch eine Reihe von Stunden in dem Behälter blieb, so änderte dieses immer noch die Zusammensetzung der umgebenden Luft[2]). Die Mengen der Kohlensäure und des Sauerstoffes entsprachen daher nicht genau denen, die in dem Augenblicke des Todes vorhanden waren. Da aber jedenfalls keine sehr lange Zeit seit dem Absterben verstrichen war, als ich das Gas in das Eudiometer überfüllte, so wird dieser Umstand nur untergeordnete Unterschiede herbeigeführt haben.

Sechs Versuche ergaben:

1. Ich wollte 55 Tropfen, den ganzen Inhalt einer 1g Wasser fassenden Pravaz'schen Spritze, 2 procentiger frischer Blausäure in den Unterleib einführen, als die Canule ausglitt und daher nur 10 bis 20 Tropfen in die Bauchhöhle gelangten. Der sogleich in den Behälter gesetzte Frosch blieb munter und verrieth keine auffallenden Vergiftungszeichen. Ich fand ihn nach 22 Stunden todt.

1) Klebs, Naunyn und Schmiedeberg, Archiv für experimentelle Pathologie und Pharmakologie Bd. 5 S. 159 u. 160.

2) Archiv für experimentelle Pathologie Bd. 5 S. 378 — 393.

Das Gas des Behälters enthielt 13,17% Kohlensäure und 3,47% Sauerstoff. Da die Blausäure die Aufnahme des Sauerstoffes in hohem Grade herabsetzt, so wäre es möglich, dass das Thier bei einem noch grösseren Sauerstoffgehalte der umgebenden Luft gestorben wäre, wenn man es vollkommen gesund eingesetzt hätte. Wir werden jedoch sehen, dass sich diese Annahme nicht ganz sicher feststellen lässt.

Wir haben 17,49% verzehrten Sauerstoffes auf 13,17% Kohlensäure oder 1,33 von jenem auf die Einheit von dieser.

2. Ein lebhaftes grosses Froschweibchen von 57,58 g Körpergewicht, 50,0 ccm Rauminhalt und daher 1,14 g Eigenschwere wurde nach 18 ¼ stündigem Verweilen in dem geschlossenen Behälter todt gefunden. Die ihm zu Gebote stehende Luft glich 301,07 — 50,00 = 251,07 ccm. Da der auf 0° C. berechnete Barometerstand 715,28 mm und die Luftwärme 18,7° C. betrug, so ergab sich ein Normalvolumen von 216,20 ccm am Anfange. Der auf 0° C. zurückgeführte Barometer war am Ende des Versuches 714,48 und die Wärme 17,8° C. Das Manometer zeigte, dass der Druck der in dem Behälter befindlichen Luft den gleichzeitigen Barometerstand um 3,0 mm übertraf. Man berechnet hieraus 217,80 ccm als das Normalvolumen am Ende des Versuches, mithin 1,60 ccm mehr als am Anfange.

Die Behälterluft führte zuletzt 18,25% Kohlensäure und 0,95% Sauerstoff. Es fehlten somit 20,01% des letzteren. Es waren also 1,1 Sauerstoff gegenüber der Einheit der ausgeschiedenen Kohlensäure aufgenommen worden.

3. Ein gesundes Froschweibchen von 44,72 g Körpergewicht, 40,0 ccm Rauminhalt und daher 1,12 g Eigenschwere konnte hiernach über 261,07 ccm Luft zum Athmen verfügen. Es stellte sich noch einmal lebhaft auf den Hinterbeinen auf, nachdem es 17 Stunden in dem geschlossenen Behälter verweilt hatte, wurde aber 1½ Stunde später, also nach 18½ Stunden todt gefunden. Man hatte hier den Fall, dass die störende Wirkung des gestorbenen Thieres fast gänzlich hinwegfiel.

Der zurückgeführte Barometerstand betrug 712,08 mm am Anfange und 714,48 mm am Ende des Versuches. Die beiderseitigen

Wärmegrade waren 19,2° und 18,9°. Der Innendruck der Behälterluft übertraf zuletzt den Barometerstand um 3,5 mm. Man hatte daher 223,23 ccm als Normalvolumen am Anfange und 225,30 ccm oder 2,07 mehr am Ende der Beobachtung.

Die Endluft enthielt 14,14% Kohlensäure und 5,53% Sauerstoff, also beträchtlich mehr als der Frosch Nr. 1, dem eine geringe Menge 2procentiger Blausäure einverleibt worden, ergeben hatte. Da der verschwundene Sauerstoff 15,43% betrug, so kam 1,08 Volumen desselben auf die Einheit der frei gewordenen Kohlensäure.

4. Ein Froschweibchen von 51,02 g Körpergewicht, 47,0 ccm Rauminhalt und daher 1,09 g Eigenschwere wurde nach einem 17stündigen Aufenthalte in dem Behälter todt gefunden. Man hatte am Anfange 718,39 mm als zurückgeführten Barometer und 18,1° C als Luftwärme. Diese beiden Grössen waren am Ende 716,18 mm und 17,0° C. Der Innendruck überstieg zunächst den Barometerstand um 1,0 mm. Da 254,07 ccm Luft zum Athmen zu Gebote standen, so hat man 220,39 ccm als Normalvolumen am Anfange und 221,17 ccm am Ende oder zuletzt 0,78 ccm mehr.

Die Endluft enthielt 16,85% Kohlensäure und 2,44% Sauerstoff. Es waren also 18,52% der letzteren oder 1,1 Volumen auf die Einheit der ausgeschiedenen Kohlensäure verschwunden.

5. Ein 50,81 g schwerer weiblicher Frosch, der einen Rauminhalt von 50,0 ccm einnahm, also eine Eigenschwere von nur 1,02 g besass, hatte 251,07 ccm Behälterluft zu seiner Verfügung. Er machte noch 5 bis 6 sichtlich beschwerliche gleichzeitige Bewegungen der Kehle und der Bauchdecken nach 22stündigem Aufenthalte in dem geschlossenen Raume und nur eine nach 27 Stunden in je 1/4 Minute. Das Thier, welches Erschütterungen mit dem Schlusse der Augenlider beantwortete, stellte sich zu 29 Stunden einmal auf und sank dann wie todt zusammen. Die Quecksilberstrahlen, die es bei dem Ueberfüllen des Gases in das Eudiometer trafen, erzeugten, wie gewöhnlich, die Absonderung einer reichlichen Menge einer schleimigten Flüssigkeit, aber keine Bewegung. Als ich das Thier herausnahm und wog, hatte es vollkommen das Aussehen eines todten Frosches. Ich legte es versuchsweise in ein Glas, dessen Boden

Wasser enthielt, schief auf den Rücken und zwar so, dass der Kopf über dem Wasser hervorragte. Der Frosch befand sich am folgenden Morgen in sitzender Stellung, war offenbar matt, sprang aber dessenungeachtet bald darauf in dem Zimmer herum.

Der zurückgeführte Barometerstand betrug im Anfange 714,48 mm und die Luftwärme 19,0° C. Dieselben Werthe glichen 716,18 mm und 18,0° C. am Ende des Versuches. Der Innendruck übertraf den Barometerstand um 3,8 mm, nachdem der Frosch 29 Stunden in dem geschlossenen Behälter verweilt hatte. Da 251,07 ccm zur Verfügung standen, so hatte man 215,72 ccm als Normalvolumen am Anfange und 219,50 ccm oder 3,78 ccm mehr am Schlusse des Versuches.

Die Endluft führte 17,01% Kohlensäure und 1,21% Sauerstoff. Es waren mithin 19,75% von diesem verschwunden oder 1,16 Volumen auf 1 Volum ausgehauchter Kohlensäure.

6. Ich setzte denselben Frosch, nachdem er sich durch 17 stündiges Verweilen in reiner Atmosphäre erholt hatte, in den Behälter von neuem ein. Er sprang zuerst zu wiederholten Malen von selbst in die Höhe, wurde in der Folge ruhiger, athmete häufig mit Kehle und Bauchdecken und zwar mit sichtlicher Beklemmung, und wurde nach 23 Stunden todt herausgenommen. Er erholte sich nicht mehr nach mehrstündigem Liegen an der Luft. Er wog jetzt 50,54 g, also 0,27 g weniger als nach dem fünften Versuche, ein Unterschied, der zum Theil schon davon herrühren konnte, dass etwas weniger Wasser nach dem Abwaschen mit einem laufenden Wasserstrahle (der anhaftenden Quecksilberkügelchen wegen) und dem Abtrocknen an der Aussenfläche des Körpers zurückgeblieben war. Das zu Gebote stehende Luftvolumen betrug wiederum 251,07 ccm. Da der auf 0° C. zurückgeführte Barometerstand 718,39 mm und die Luftwärme 17,3° C. glich, so hatte man ein Normalvolumen von 215,84 ccm. Der 0° C. entsprechende Barometerstand war 718,69 mm und die Wärme 16,9° C. Der Druck der in dem Behälter befindlichen Luft übertraf zuletzt den der äusseren Atmosphäre um 6,5 mm. Dieses giebt ein Normalvolumen von 221,19 ccm. Es hatte also um 5,35 ccm zugenommen.

Die in dem Behälter enthaltene Endluft führte 14,56 % Kohlensäure und 1,96 % Sauerstoff. Der verschwundene Sauerstoff betrug daher 19,00 % und das Sauerstoffverhältniss 1,31.

Diese Beobachtungen lehren:

1. Die Menge von Kohlensäure, welche die in einem geschlossenen Behälter enthaltene Luft, in der ein Frosch erstickt ist, führt, und die des Sauerstoffes, die sie noch besitzt, wechseln mit der Verschiedenheit der Individuen. Da es nicht unwahrscheinlich ist, dass die Grösse der zu Gebote stehenden Luftmenge einen wesentlichen Einfluss in dieser Hinsicht ausübt, so gebe ich die Verhältnisswerthe, die sich dem zweiten bis sechsten der oben erwähnten Versuche entnehmen lassen.

Versuchsnummer	a) Rauminhalt des Frosches in ccm	b) Zu Gebote stehende anfängliche Luftmenge in ccm	Verhältniss von a : b
2	50,0	251,07	5,02
3	40,0	261,07	6,53
4	47,0	254,07	5,45
5	50,0	251,07	5,02
6	50,0	251,07	5,02

Unsere Schlüsse gelten also zunächst für den Fall, dass die zu dem Gaswechsel dienende Luftmenge das 5 bis 6½ fache des Rauminhaltes des Frosches beträgt.

2. Wir hatten in den sechs Versuchen:

Versuchsnummer	Volumenprocente der in der Endluft enthaltenen Gase		Volumenprocente des verschwundenen Sauerstoffes	Volumen des fehlenden Sauerstoffes, das der Kohlensäure = 1
	Kohlensäure	Sauerstoff		
1	13,17	3,47	17,49	1,33
2	18,25	0,95	20,01	1,10
3	14,14	5,53	15,43	1,08
4	16,85	2,44	18,52	1,10
5	17,01	1,21	19,75	1,16
6	14,56	1,96	19,00	1,31

Wir sehen zunächst, dass der grösste Unterschied des Kohlensäuregehaltes der Endluft 5,08 %, der der Menge des zurückgebliebenen Sauerstoffes dagegen nur 4,58 % betrug. Da die ursprünglich in dem Behälter enthaltene Atmosphäre 0,04 % Kohlensäure im Durchschnitt enthielt, so sind allmählich 13,13 % bis 18,21 % durch die Lungen- und Hautausdünstung hinzugefügt worden. Erfolgt die Kohlensäureausscheidung nach dem Dalton'schen Gesetze, so muss zuletzt die Kohlensäurespannung des Blutes mindestens $\frac{13,17}{100}$ bis $\frac{18,25}{100}$ erreicht haben, es möge Kohlensäure fortwährend ausgeschieden oder zuletzt sogar aufgenommen worden sein.

Der Sauerstoffgehalt der umgebenden Luft konnte bis 0,95 % oder 1,96 %, also auf weniger als 1 oder 2 % sinken, ehe der Tod eintrat.

Der Vergleich des fünften und des sechsten Versuches zeigt deutlich, wie viel hier von dem Zustande des Thieres abhängt. Der kräftige Frosch, der verhältnissmässig lange Widerstand leistete, sehr an Athembeschwerden litt, sich noch unmittelbar vor seinem Scheintode lebhaft bewegte, unterlag in einer Luft von 17,01 % Kohlensäure und nur 1,22 % Sauerstoff. Er hatte also 16,97 % Kohlensäure nach und nach aus seinem Blute abgegeben. Erholte sich dasselbe Thier durch einen 17stündigen Aufenthalt in reiner Luft, trug es aber dann noch sichtliche Zeichen der Folgen der früheren regelwidrigen Einwirkung an sich, so starb es schon bei einem Kohlensäuregehalte von 14,56 % und einer Sauerstoffmenge von 1,96 %. Die Krankheit machte also das Thier empfindlicher.

Die Werthe des Sauerstoffverhältnisses schwanken zwischen 1,10 und 1,33, also keineswegs zwischen sehr hohen Grössen, eine Thatsache, deren Deutung uns an einem anderen Orte beschäftigen soll.

3. Verfolgt man den Gang der in dem Manometer des Behälters enthaltenen Quecksilbersäule, so sieht man in den allerersten Zeiten der uns hier beschäftigenden Versuche, wie im gesunden Zustande, dass das Quecksilber in dem äusseren Schenkel des Manometers tiefer als in dem inneren steht, der Innendruck also kleiner als der äussere atmosphärische ist und zwar selbst, wenn der Barometerstand und die Luftwärme unverändert geblieben.

Dieses zeigt an, dass dem Volumen nach mehr Sauerstoff aufgesogen als Kohlensäure ausgeschieden worden, sei es dass der Stickstoff unverändert geblieben oder abgenommen hat. Man stösst auf das Entgegengesetzte in einem zweiten Zeitabschnitte. Der Innendruck steigt dann allmählich. Der Rauminhalt der Behälterluft vergrössert sich endlich, wenn selbst das Barometer nicht sinkt und die Wärme der Luft nicht steigt. Die Volumenvergrösserung der Behälterluft rührt hier wahrscheinlich, wie bei den in dem geschlossenen Raume erstickenden Warmblütern, von der Ausscheidung von Stickstoff her. Der Vergleich der unter der Annahme der Unveränderlichkeit des Stickstoffes berechneten Normalvolumina am Ende des Versuches mit den gefundenen unterstützt diese Vermuthung. Man hat:

Versuchsnummer	Normalvolumen der Behälterluft am Ende des Versuches in ccm		
	berechnet	gefunden	Unterschied
2	212,41	217,80	+ 5,39
3	220,36	225,30	+ 4,94
4	216,71	221,17	+ 4,46
5	209,81	215,72	+ 5,91
6	206,26	215,84	+ 5,98

Der positive Unterschied zwischen Erfahrung und Rechnung fiel in Nr. 5 kleiner als in Nr. 6 aus, so dass das widerstandsfähigere Thier weniger Stickstoff ausgeschieden zu haben scheint als das geschwächte.

4. Das nicht mit Wasser verdünnte Blut der erstickten Frösche zeigte die gewöhnlichen Blutbänder in dünnen Schichten. Es erschien bisweilen im Anfange auffallend flüssig, gerann aber ziemlich rasch. Die Empfänglichkeit der Muskeln für starke Inductionsschläge erhielt sich noch eine Reihe von Stunden nach dem Tode. Die Herzschläge standen nach kurzer Zeit still und konnten bald darauf durch mechanische Reize nicht mehr erregt werden.

Vergleichende Messungen der Gerinnungszeit des Wirbelthierblutes.

Von

K. Schoenlein,

cand. med.

(Aus dem physiologischen Institut in Tübingen.)

Mit Tafel IV.

Die über den zeitlichen Verlauf der Gerinnung des Thierblutes bislang bekannten Thatsachen sind nicht sehr zahlreich. Thakrah giebt für den Eintritt der Gerinnung folgende Minutenwerthe an: beim Pferd 5—10, Ochs 2—10, Schaf 1—1½, Singvögel ½—1, Fische 1—3 und Frösche 2—4 Minuten. Ferner hat Nasse das Blut einiger Hausthiere untersucht und dieselben nach seiner Gerinnungsgeschwindigkeit in folgender Reihe zusammengestellt: Pferd, Ziege, Hund, Ochs, Schwein, Schaf, Kaninchen. Dazu giebt er noch an, dass die Gerinnungsgeschwindigkeit in umgekehrtem Verhältnisse stehe zum Senkungsbestreben der Blutkörperchen[1]). Obschon hierin die Aufforderung zu weiteren Untersuchungen lag, so blieben Nasse's Versuche doch isolirt. Der Grund zu dieser Vernachlässigung der Zeitbestimmungen lag wohl zumeist in der geringen Uebereinstimmung der von verschiedenen Beobachtern gewonnenen Resultate. Diese aber hatte ihren Grund in den schon von Nasse hervorgehobenen Mängeln der angewendeten Methode.

Das in offenem Gefäss mit breiter Oberfläche an der Luft coagulirende Blut ist so vielen, grösstentheils nicht zu taxirenden Nebeneinflüssen ausgesetzt, die, wie die Wasserverdunstung und

1) Die hier angegebenen Daten sind entnommen aus Wagner's Handwörterbuch der Physiologie, Artikel „Blut" von Nasse.

Gasdiffusion, auf den Gerinnungsvorgang von solchem Einfluss sind, dass dadurch die Vergleichbarkeit der Einzelversuche wesentlich beeinträchtigt werden muss. Nicht minder störend ist jedoch das bei Thieren verschiedener Species enorme Missverhältniss zwischen der zur Beobachtung erforderlichen coagulirenden Blutmenge und dem ganzen Blutvorrath des Thieres. Kleine Thiere müssen, um der älteren Beobachtungsmethode zugänglich zu sein, relativ grosse Blutmengen hergeben, was bekanntlich die Gerinnung in hohem Maasse beschleunigt. Der Hauptfehler der alten Methode liegt aber in der wenig präcisen Begrenzung der zu untersuchenden Zeitperiode und in dem schon von Nasse getadelten schwankenden Begriffe der Gerinnung selbst. Denn man vermag nach dem oberflächlichen Aussehen des gelassenen Blutes durchaus nicht zu entscheiden, wann die erste Gerinnung eintritt, sondern muss vielmehr die Bildung einer sichtbaren, oberflächlichen Gerinnungshaut von gewisser, der Willkür und Beobachtungsfähigkeit des Einzelnen überlassener Stärke abwarten, um den Beginn des fraglichen Stadiums bezeichnen zu können. Ebensowenig lassen sich weder nach dem Augenmaass gleiche Grade der Gerinnung fixiren, noch lässt sich der Zeitpunkt, in welchem die ganze Masse des Blutes geronnen ist, mit irgendwie genügender Sicherheit erkennen, und dazu bleiben auch alle Vorgänge zwischen Beginn und Ende der Gerinnung dem Beobachter verborgen: die ganze Masse des Blutes kann schon Gallertconsistenz angenommen haben, und gleichwohl kann sich innerhalb der Maschen der Placenta noch flüssiges, ungeronnenes Blut befinden. Sticht man nämlich in solches, eben geronnenes Blut eine Glascapillare ein, so steigt in derselben nicht selten eine kleine Menge Blutes auf, welches noch nachträglich gerinnt.

Controlbeobachtungen an zwei Portionen desselben Blutes sind mir nicht bekannt. Auch die Zahl der untersuchten Species ist gering, und es sind fast nur Hausthiere zur Untersuchung verwendet. Es ist aber nicht anzunehmen, dass dieselben, die doch im Ganzen in Nahrung und Lebensweise sehr gleichartig gehalten sind, gerade die Extreme der frühesten und spätesten Gerinnung in sich schliessen, und somit lag hierin nicht minder als in der geringen Vergleichsfähigkeit der früher angestellten Messungen die

Aufforderung, eine Untersuchung mit Berücksichtigung aller Cautelen vorzunehmen, deren Anwendung möglich ist. Eine von Dr. Hermann Vierordt unlängst angegebene Methode vermeidet die Nachtheile der früheren Bestimmungsweise und musste deshalb zur vergleichenden Bestimmung der Gerinnungszeiten einer möglichst grossen Thierreihe dringend einladen. Die Methode ist von Dr. Vierordt zunächst zur Bestimmung der Gerinnungszeit am Menschenblut in gesunden und kranken Zuständen benutzt und unter eingehender Erörterung der mit dem Verfahren verbundenen geringfügigen Fehlerquellen in dem Archiv für Heilkunde Bd. 19 S. 193 ff. ausführlich beschrieben worden. In den Versuchen, welche Dr. Vierordt an sich selbst anstellte, findet sich ein fast typisch auftretender Wechsel der nach dieser Methode gewonnenen Gerinnungszeiten, welcher die Brauchbarkeit der Versuchsweise aufs deutlichste zeigt. Seine Methode begnügt sich mit einem einzigen, beim Menschen leicht durch einen Einstich in den Finger zu erhaltenden Blutstropfen, der sogar zu mehreren gleichzeitigen Beobachtungen genügt.

In den zu untersuchenden Blutstropfen taucht man eine dünnwandige, etwa 1^{mm} im Lichten weite und 5^{cm} lange Glascapillare, und lässt darin Blut etwa bis zu 1^{cm} Länge aufsteigen. In das andere Ende der Röhre schiebt man sodann ein weisses, durch Kochen mit Alkohol und Aether gehörig gereinigtes und nachher im Trockenschranke getrocknetes Pferdehaar ein und so weit durch die Glasröhre hindurch, dass man es mit den Fingern fassen und nach Bedarf weiter hervorziehen kann. Zieht man nun in beliebig zu wählenden, regelmässigen Intervallen das Haar auf der Seite des Blutes ungefähr um so viel aus dem Röhrchen hervor als die Blutsäule lang ist, so zeigt dasselbe anfangs keine Spur von anhaftendem Blut, bedeckt sich jedoch, sobald die Gerinnung beginnt, mit deutlichen, kleinen, rothen Gerinnselchen, die an demselben festhaftend aus der Glasröhre hervorgezogen werden. Die Gerinnsel sind öfter, wie auch Dr. H. Vierordt hervorhebt, sogar dicker als das Lumen der Capillare und zeigen dadurch, dass sie sehr innig mit dem Pferdehaare, und mit diesem fester als mit der Glasröhre zusammenhängen. Sie bleiben daher nur selten in der Röhre zurück, und dies macht sich dann dadurch bemerklich, dass sie beim Anziehen

des Haares ein wenig aus der Glasröhre hervortreten, ohne jedoch dem Haare zu folgen. Das Gerinnsel kann dann mit einer Pincette gefasst und hervorgezogen werden, aber die Messung ist dann meist verdorben. Die Erscheinung ist jedoch selten und kann vor allem nicht übersehen werden. Unter den ungefähr 250 Messungen, die ich nach dieser Methode ausgeführt habe, kam sie etwa 8 bis 10 mal vor [1]).

Der eben beschriebene Vorgang der Gerinnselbildung hört dann, schärfer abgesetzt, als er angefangen hatte, auf, und der grösste Theil des Blutes ist in den Maschen der Placentulae am Pferdehaar mit aus der Röhre hervorgezogen. Ein kleiner Rest defibrinirten Blutes bleibt zumeist noch in der Röhre zurück, und aus diesem vermag man auch durch Quirlen mit dem Haare kein weiteres Coagulum mehr zu gewinnen. Geht die Gerinnung jedoch schnell vor sich, so ist es bei einzelnen Thieren, insbesondere bei den Salamandern und Tritonen, nicht gut möglich, weder durch Rücken des Haares in kürzeren Intervallen, selbst in Secunden, noch bei langsamer, absatzloser Durchführung desselben durch das Blut, ein defibrinirtes Restblut zu gewinnen. Vielmehr geht in diesem Falle die Gerinnung so energisch vor sich, dass die eben ausgetretenen Gerinnsel Serum auspressen, welches in einem Fall in die allerdings eben verwendete Capillare wieder aufgenommen, nochmals Gerinnsel gab. Der Zeitpunkt der Blutentnahme sowie der eines jeden Gerinnselchens wird notirt. Die Momente des ersten und letzten Coagulums geben Anfang und Ende, die zwischen ihnen liegende Zeit giebt die Dauer der Gerinnung an. Gegenüber der älteren Methode bietet diese Versuchsweise eine grosse Reihe unleugbarer Vortheile.

Zunächst richtet sie sich nicht nach dem subjectiven Ermessen willkürlich gesetzter Grenzen der Fibrinausscheidung, sondern nach den natürlichen Grenzen des Anfangs und Endes der Gerinnung, und zugleich erlaubt sie, die Gerinnungsvorgänge auch in der Zwischenzeit zu beobachten. Ferner vermag man, und das ist der alten, bloss die Oberfläche des gelassenen Blutes betrachtenden

1) Derartig verunglückte Messungen sind ausser einem einzigen Falle, Nr. 107a und b der später zu erwähnenden Tabelle, nicht berücksichtigt worden. Die Zeitphasen, während welcher das Gerinnsel in der Röhre sitzen blieb, sind auf der noch zu beschreibenden Tafel mit ⊕ bezeichnet worden.

Methode gegenüber wichtig, die Fibrinbildung ins Innere der zu untersuchenden Blutprobe hinein zu verfolgen. Nicht minder vortheilhaft ist die Kleinheit der zum Versuche nothwendigen Blutmenge, die auch ein sehr kleiner Organismus (ich konnte schon Thiere von knapp 3,5g Gewicht verwenden) liefern kann, ohne dass man das Ausbluten abzuwarten nöthig hätte. Bei dem schon erwähnten Einflusse der Verblutung ist dies ein nicht gering anzuschlagender Vortheil. Ferner schützt diese Methode in bestimmten Grenzen vor nicht zu berechnenden Einflüssen des das Blut umgebenden Mediums. Gasdiffusion und Wasserabdunstung, Verunreinigungen durch Staub etc. sind bei der, der Länge der Blutsäule gegenüber relativ kleinen der Luft ausgesetzten Oberfläche des Blutes auf das geringste Maass herabgesetzt. Dass solche Einflüsse Bedeutung haben, zeigen ein oder mehrere winzige Fibrinbelege in Gestalt feinster rother Pünktchen, oder höchst dünner röthlicher Niederschläge auf dem Pferdehaar, welche, wie auch Dr. H. Vierordt bemerkt, manchmal sofort, manchmal später, meist der Hauptgerinnung auf lange Strecken vorausgehend, sichtbar werden. Dieser Fibrinbeschlag stammt offenbar von der freien Oberfläche des Blutes. Ueber diese Gerinnungsvorläufer werde ich später noch zu sprechen haben. Ferner ist mit dem letzten erscheinenden Gerinnsel, vorausgesetzt dass noch etwas defibrinirtes Restblut in der Röhre zurückbleibt, ein Abschluss der Fibrinbildung bestimmt anzunehmen, welche, wie schon erwähnt, mit dem Gallertigwerden der Flüssigkeit keineswegs aufgehört zu haben braucht.

Die gegen sein Verfahren zu machenden Einwände hat Dr. H. Vierordt ebenfalls nicht unerörtert gelassen, und dabei vor allem den gerinnungsbeschleunigenden Einfluss des Pferdehaares sowie die, mit der Methode nothwendig verbundene successive Fibrinentziehung berücksichtigt. Den gerinnungsbeschleunigenden Einfluss des Pferdehaares glaube ich übrigens für gering anschlagen zu können, insofern ich in mehreren Fällen das Blut im Aufsaugeschälchen schon ganz, und meist zum grössten Theil geronnen fand, ehe das eigentliche Versuchsblut Gerinnsel gebildet hatte; dies würde jedoch nur bedeuten, dass das Blut im Schälchen schädlichen Einflüssen mehr ausgesetzt wäre als das in der Capillare, und es

dürfte trotzdem das Haar, als ein Fremdkörper, gerinnungsbeschleunigend einwirken, es würde aber die Ermittelung dieses Einflusses eine eigene grössere Versuchsreihe beanspruchen, in welcher in je zwei a tempo-Beobachtungen das Haar in das eine Blut sogleich nach seiner Aufnahme in die Capillare einzusenken wäre, während es in der Controlbeobachtung erst in einer beliebig späteren Zeitphase, etwa nachdem sich im Röhrchen Gerinnsel gezeigt haben, in das Blut eingeführt werden müsste.

Dass indess die successive Entziehung des gebildeten Faserstoffs gerinnungsbeschleunigend wirkt, ist nicht ohne weiteres anzunehmen. Durch den Wegfall der normalen Gefässwandungen erzeugt, ist das Fibrin als ein dem lebenden Blute heterogener Körper zu betrachten, und als ein solches, so zu sagen künstliches Product wird es auf das normale, in diesem Falle noch dazu stagnirende Blut jedenfalls nicht anders einwirken, als wie ein, und noch dazu recht fein vertheilter Fremdkörper; zudem wird in der nächsten Umgebung der neugebildeten Fasern der chemische Vorgang recht kräftig, das Ferment so zu sagen in statu nascendi sein, und so lässt sich eine Wirkung der neugebildeten Fibrinfasern in gerinnungsbeschleunigendem Sinne wohl denken. Das Endresultat der fortgesetzten Entfernung desselben könnte also ganz gut eine Verzögerung der Gerinnung sein, und es wäre möglicherweise das trotz des eingelegten Pferdehaares spätere Auftreten der Gerinnung in der Capillare auf diese Ursache zurückzuführen. Doch ich will auf diese Erwägungen kein besonderes Gewicht legen, da sie nicht durch Experimente gestützt sind; der in Rede stehende Einfluss müsste gleichfalls durch Modificationen der Fibrinentziehung in der Art ermittelt werden, dass man bei mehreren Vergleichsproben das Haar in jeweils kürzeren oder längeren Intervallen aus dem Blute hervorzöge. Im Ganzen werden jedoch die Bedingungen bei der zur Untersuchung benutzten Methode so gleichartig sein, dass sie der Vergleichbarkeit der Resultate keinen Eintrag thun.

Eine weitere variable Grösse wird jedoch in der nicht oder nur schwer zu umgehenden Temperaturherabsetzung des gewonnenen Blutes eingeführt, welche einen immerhin merklich verzögernden Einfluss auf die Gerinnung haben kann. Es ist zum wenigsten

auffällig, dass in den an den beiden ausserordentlich heissen Tagen des 22. und 23. Juni im Stuttgarter Thiergarten gewonnenen Resultaten die Gerinnung auffallend beschleunigt wurde, woraus man umgekehrt schliessen kann, dass die genannte Temperaturerniedrigung verzögernd eingewirkt hat. Bei Kaltblütern, deren Bluttemperatur wenig von der des umgebenden Mediums abweicht, wird dieser Fehler geringer sein, bei den Warmblütern mag er sich immerhin bemerklich machen. Uebrigens sind, wie die in der Tabelle angeführten Zahlen zeigen, die Temperaturunterschiede bei den verschiedenen Beobachtungen nicht gross.

Schliesslich habe ich noch auf eine oben nur kurz angedeutete Erscheinung zurückzukommen. Dr. H. Vierordt sagt (a. a. O. S. 197): „Oft genug erscheinen als erstes Zeichen der Gerinnung ein dünnster Beleg oder mehrere feinste Coagula auf dem Haar, und zwar auf längerer Strecke; erst später folgen massige Coagula als wahrer Ausdruck der deutlichen Gerinnung“ und an anderer Stelle (a. a. O. S. 200): „Dass ein Einfluss der Luft, vielleicht auch des rauhen Randes der Capillare an dem einen Kopfende des Blutes sich geltend macht, scheint mir das minimale Coagulum zu beweisen, welches regelmässig schon früh an dem ersten vorgezogenen Segmente des Pferdehaares erscheint; es ist dies eine Partialgerinnung, welche aber, wahrscheinlich weil sie ihre besonderen, wesentlich aussen liegenden Ursachen hat, die übrige Blutmasse nicht mit in die Coagulation hineinzieht; wenigstens tritt sie schon oft in der ersten Minute auf, wenn die Hauptgerinnung erst in 10 Minuten und noch später erfolgt.“ Deshalb beschränkte sich Dr. H. Vierordt auf die Zeitangabe der vollendeten Gerinnung, welche in der That genauer bestimmt werden kann; ich glaubte aber auch den Beginn der Gerinnung sowie die ganze Zeitdauer des Processes in den Bereich meiner Untersuchungen ziehen zu müssen, wenn auch diese Zeitwerthe in manchen Fällen nicht so genau bestimmt werden können, insofern über die Einrechnung oder Nichtberücksichtigung mancher Gerinnsel Zweifel entstehen können. Hierüber wird später bei der Erläuterung meiner Hauptversuchstabelle und der beigegebenen graphischen Darstellung Weiteres zu erwähnen sein.

Die Versuche sind grösstentheils im Tübinger Institut angestellt. Herr Prof. v. Vierordt wendete sich jedoch auch an Herrn Nill, den Besitzer des Stuttgarter Thiergartens, der in einem freundlichen Briefe uns „den gewünschten Blutstropfen von jedem seiner Thiere“ zur Verfügung stellte und sogar seine persönliche Hilfe versprach, wenn eines der Thiere, wie etwa der Eisbär und der braune Bär, „der Wissenschaft den gewünschten Tribut verweigern sollte“. Herrn Nill sage ich hierbei für die mir geleistete, sehr erwünschte Unterstützung meinen verbindlichsten Dank. Die Zahl der bei Herrn Nill vorgenommenen Messungen ist 51 und vertheilt sich auf 32 Individuen und 15 Species.

Vor Angabe der gewonnenen Resultate habe ich erst noch Einiges zur Technik der Blutgewinnung anzuführen. Bei Warmblütern wurde, wenn sie am Leben bleiben sollten, ein kleiner Hautschnitt, am besten am Rücken, in der Gegend der Schulterblätter gemacht. Am verwendbarsten zeigte sich dazu nach mancherlei Manipulationen mit geschliffenen Nadeln und spitzen Scalpells ein Aderlassschnäpper, der das Geschäft der Blutentziehung sicher und, worauf es bei grossen, schwer still zu haltenden Thieren vor allem ankam, schnell und plötzlich besorgte, während das Messer öfter im Stich liess. Die Stelle des Schnittes wurde vorher geschoren. Waren die Thiere noch jung oder klein, so wurde der Kopf kurzweg mit einer starken Scheere abgeschnitten, nachdem der Hals vorher von Federn, Epidermisschuppen und sonstigen Verunreinigungen des Blutes gesäubert war. Ein Hauptgewicht wurde darauf gelegt, dass während der Operation die Athmung nicht behindert wurde. Bei den Amphibien wurde jedoch stets das Herz blossgelegt und angeschnitten. Es schien dies wegen der sehr entwickelten subcutanen Lymphräume dieser Thiere vortheilhaft, um störende Beimengungen von Lymphe zu vermeiden. Aus gleichem Grunde wurde auch dem Anschneiden des Herzens eine Spaltung des Perikards vorausgeschickt. Bei den Fischen schien es gleichfalls gerathener, das Herzblut zur Untersuchung zu benutzen, anstatt das Blut auf die gewöhnliche Weise aus den Kiemen zu entnehmen, wo eine die Gerinnung beschleunigende Beimengung von Wasser nicht zu vermeiden ist. Dass bei den Fischen auf das Cito des

Operirens ganz besonderer Werth gelegt wurde, da die Athmung mit der Entfernung aus dem Wasser doch ohnehin erschwert war, versteht sich von selbst. War sonst etwa durch ungeschicktes Operiren, wie es einige Male vorkam, eine stärkere Blutung gesetzt, so kam das Blut des betreffenden Thieres nicht zur Untersuchung. Stets wurden ingleichen nur die allerersten hervorquellenden Tropfen benutzt, und erst, nachdem diese in die Capillare aufgesaugt waren, wurde noch mehr Blut in das Auffangeschälchen aufgenommen, um eventuell an demselben noch einige Nebenbeobachtungen machen zu können. Von den sämmtlichen auf diese Weise untersuchten Thieren konnte ich nur von einem Goldfischchen und einem jungen Bären den gewünschten Tropfen Blut nicht erhalten[1]). Die Vögel boten, wenn sie gerade sich mauserten und junge Federn hatten, bequem Gelegenheit, einige Blutstropfen zu erlangen. Zog man nämlich eine solche, sehr blutreiche Feder aus, so hing regelmässig am Schaftende ein Tropfen Blut, welcher für ein oder zwei Beobachtungen gross genug war und durch leichtes Drücken noch vergrössert werden konnte. Letzteres war jedoch möglichst zu vermeiden, weil bei stärkerem Pressen nachher eine klare, in den beiden mituntersuchten Fällen nach Ablauf von drei Viertelstunden noch nicht geronnene, gelbliche Lymphe erschien. Cessirte bei Gewinnung des Blutes mit Messer und Schnäpper das Hervorquellen desselben, so wurde nicht etwa durch Drücken nachgeholfen, sondern ein anderer Schnitt gemacht oder ein neues Thier genommen. Sobald nun bei den geköpften Warmblütern und den Kaltblütern der erste Tropfen in ein untergestelltes Schälchen aufgenommen oder bei den angeschnittenen Thieren das Blut in der Schnittwunde erschienen war, wurde das Glasröhrchen eingetaucht, und nachdem Blut in demselben aufgestiegen war, das Pferdehaar ein-

1) Bei letzterem, einem zwar noch säugenden, aber doch schon recht kräftigen Burschen von der Grösse eines stattlichen Neufundländers machte ich sogar der Reihe nach, nachdem er endlich gebändigt, mehrere Schnitte. Derselbe hatte übrigens, ehe er festgehalten werden konnte, unter wahrhaft ohrzerreissendem Gebrüll von seiner Seite und seinen Geschwistern und der im Nebenkäfig eingeschlossenen Mutter, die ihn an den Ohren und am Felle haltenden drei Mann erst einige Male durch den Zwinger geschleppt, mich selbst aber in das Wasser seines Badebassins gedrängt, so dass mir die Lust zu weiteren Attacken verging.

geschoben. Sämmtliche Manipulationen geschahen unter fortwährendem Zählen möglichst schnell, meist 10—15 Secunden, nie über 20 Secunden dauernd, vom Momente des ersten Schnittes bis zum Einschieben des Pferdehaares gerechnet. Als Zählungsanfang diente der das Versuchsblut liefernde Schnitt, als derjenige Moment, in welchem das Blut dem Einflusse der lebenden Gefässwand entzogen wurde. Als Zeitmesser diente ein auf Secunden gestelltes Metronom, und das Haar wurde allemal bei dem zehnten Schlage hervorgezogen. Im Stuttgarter Thiergarten konnte ich jedoch das Metronom nicht gut verwenden und benutzte statt dessen eine, Viertelsminuten angebende, genau gehende und vorher controlirte Sanduhr, wobei auch ein Assistent die Zählung übernahm.

In der nachfolgenden Tab. I, sowie in der graphischen Darstellung auf Taf. IV habe ich meine Versuchsergebnisse in möglichst kurzer und übersichtlicher Form zusammengestellt.

Zu beiden Seiten der graphischen Darstellung sind die Zeiten, je um 10 Secunden fortschreitend, eingetragen und mit Punkten angegeben, doch ist der betreffende Zahlenwerth für die Secunden nur von 50 zu 50 Secunden, der graphischen Darstellung zunächst, und weiter auswärts die Zahlen für die ganzen Minuten beigeschrieben. Je 10 Secunden werden, wie man sieht, durch einen Ordinatenwerth von 2^{mm} repräsentirt. In das so entstandene Netz von Horizontallinien sind nun die Zeichen für die Gerinnsel, senkrecht über einander, ein jedes natürlich in der Mitte der betreffenden Periode, zu deren Ende das Gerinnsel erschienen, eingetragen. Etwaige Zahlenbezeichnungen beziehen sich also je auf das unterhalb der betreffenden Horizontale stehende Zeichen. Die Einzelbeobachtungen sind durch senkrechte Linien von einander getrennt. Um die Uebersichtlichkeit der Tafel nicht durch zu viele Horizontallinien zu beeinträchtigen, sind nur die ganzen Minuten durch punktirte und je die 100. Secunde durch ausgezogene Linien angegeben.

Die Gerinnsel selbst sind mit Kreuzchen, entweder einem grösseren oder einem kleineren, bezeichnet. Letzteres bedeutet das Erscheinen jener schon genannten minimalen Fibrinniederschläge, während von den grösseren Kreuzen das stärkere je die Maxima der betreffenden Messung, das dünnere mittelgrosse Fibrinbelege

angiebt. Während aber das kleinere Kreuzchen durchweg nur ziemlich gleich kleine eben erkennbare Gerinnselchen bezeichnet, sind die beiden grösseren Kreuzchen weder in derselben Gerinnselreihe, noch bei verschiedenen Individuen dem Volum der Gerinnselchen nach gleichwerthig, da nach dem Augenmaasse andere Volumina der Gerinnsel nicht wohl festzuhalten waren. Mit einem Fragezeichen sind diejenigen Gerinnsel versehen, welche durch Quirlen der Blutprobe nach Beendigung des Hauptgerinnungsvorgangs eventuell noch aufgefangen wurden[1], was glücklicherweise selten geschah. Dieselben sind, ingleichen fast durchgängig die mit kleinsten Kreuzen bezeichneten, als Partialgerinnungen aufzufassende Gerinnsel, und ferner einzelne, zu Anfang und Ende sehr isolirt stehende, minimale Coagula bei der Anfangs- und Endbestimmung nicht mitberücksichtigt worden und werden später noch einmal zu erwähnen sein. Die sämmtlichen Messungen, bei denen Gerinnsel nicht mitgezählt sind, sind jedoch, um auf sie gleich aufmerksam zu machen, in der betreffenden Rubrik mit *r* (reducirt) bezeichnet. Doch sind sämmtliche bei einer Messung überhaupt erschienene Gerinnsel, also auch die in der Tabelle nicht berücksichtigten, in die graphische Darstellung mit aufgenommen, welche somit die strengste Controlirung der Tabelle gestattet.

Bei einigen Anfangsversuchen wurde bloss das erste und letzte Gerinnsel notirt. Dieselben sind in der Tafel durch eine Reihe von Punkten angegeben, deren erster und letzter die beiden genannten Gerinnsel bezeichnet.

In nicht wenigen Fällen ist die Gerinnung unterbrochen, d. h. in einer Reihe vorgängiger Zeitphasen finden sich Gerinnselchen am Haar, dann kommen eine oder mehrere Zeitphasen ohne Gerinnselchen, und dann wieder solche mit Coagulis. Während derselben hat die Entfernung der Gerinnselchen aus irgend einem Grunde gestockt, ich glaube jedoch nicht, dass die Gerinnung während derselben aufgehört hat. Diese Gerinnselpausen sind später noch einmal zu erwähnen.

---

1) In zwei Beobachtungen (Nr. 60a und 77) stellten dieselben kurze feine rothe Fäden dar, die spiralig um das Haar aufgewickelt waren; sie waren also wandständige Gerinnsel älteren Datums, die das Haar von der Wand losgerissen hatte; in zwei anderen Fällen (Nr. 71a und 72b) waren sie entschieden neugebildet.

Jedes Versuchsthier hat seine Nummer, und die Nummern der Tabelle entsprechen denen der graphischen Darstellung. Zur Controlirung der Methode wurden, wie auch Dr. H. Vierordt verfuhr, a tempo-Beobachtungen gemacht, d. h. 2, selbst 3, 4 oder 5 Capillaren gleichzeitig in den Blutstropfen eingetaucht. Zwei Blutproben konnte man gleichzeitig allein ganz gut beobachten, für 3 oder 4 ist ein Gehilfe nöthig. Die an demselben Blutstropfen gemachten Beobachtungen sind mit *a*, *b*, *c*, *d* u. s. w. bezeichnet. Auf der graphischen Darstellung sind sie ausserdem nicht durch die, sonst die Einzelbeobachtungen trennende, senkrechte Linie von einander abgegrenzt. Bei diesen Versuchen wurden auch Abänderungen des verwendeten Blutvolums durch Benutzung engerer oder weiterer Capillaren und durch Variationen der Blutsäulenlänge vorgenommen. Die Resultate weichen von den übrigen nicht ab. In einigen Fällen machte ich an demselben Versuchsthier in derselben Versuchsstunde oder an mehreren Tagen Beobachtungen.

Die Zeitwerthe der Tafel gehen nicht über 20 Minuten hinaus, was für die weitaus grösste Mehrzahl der Thiere hinreichte. In den wenigen Fällen mit längerer Gerinnungszeit musste deshalb die mit *F* (Fortsetzung) und einem Pfeile bezeichnete spätere Versuchszeit in der Richtung nach rechts wiederum von unten heraufgeführt werden, so dass der Zeitwerth 21 Minuten wiederum auf der Scala der ersten Minute steht.

Die Temperaturangaben der Tabelle sind in Celsiusgraden, die Angaben der Zeitwerthe für Anfang, Ende und Dauer der Gerinnung in Secunden gemacht, und zwar ist selbstverständlich jedesmal die Mitte der betreffenden Zeitphase angegeben. Also ist z. B. die vierte Zeitphase bei den Metronommessungen, wo sie von der 30. bis 40. Secunde dauert, mit 35 Secunden, und bei den Sanduhrmessungen, wo sie von der 45. bis 60. Secunde geht, mit rund 52 Secunden bezeichnet u. s. w.[1]). Die im Nill'schen Thier-

1) Die Nill'schen Thiere hätten auf der beigebenen Tafel eigentlich ein besonderes Netzwerk haben müssen, was jedoch die Tafel weniger übersichtlich gemacht hätte. Es sind deshalb die Gerinnselzeichen, wenn ein Gerinnsel z. B. auf die 52. oder 67. Secunde fiel, zwischen die Ordinaten der 50. und 60. resp. der 60. und 70. Secunde eingetragen u. s. w.

garten vorgenommenen Messungen sind mit *N* bezeichnet und beziehen sich auf lauter ausgewachsene Thiere. Junge, noch säugende Thiere und Vögel, die noch Flaumfedern hatten, sind mit * bezeichnet. Zur weiteren Controlirung der Körpergrösse ist das Gewicht in Grammen, bei grösseren Thieren nach Pfunden angegeben. Gewogen wurden die Thiere erst nach dem Ausbluten.

Tabelle I.

Nr.	Versuchsthier	Geschlecht	Gewicht	Temperatur	Zeitwerthe für			Bemerkungen
					Anfang	Ende	Dauer	
1	Barbus fluvia-	W	433	16,7	185 r	205	20	
2	tilis (Barbe)	W	407	16,7	125 r	145	20	
3		M	196	16,7	95 r	145	50	
4	Triton crista-	W	10		265 r	315	50	Die Coagula geben nach circa 1/2 Minute ein stark röthlich gefärbtes Serum ab; dasselbe giebt, bei Versuch Nr. 6 wieder in dieselbe (!) Glasröhre aufgenommen, abermals Gerinnsel.
5	tus (Wasser-	W	8,2	17,1	55	85	30	
6	molch)	M	8	17,1	105	135	30	
7		W	6,2	17,1	35	65	30	
8		W	5,7	17,1	65	85	20	
9			4,5		105	111	6	Das Haar alle 2 Secunden hervorgezogen.
10					88	104	16	Das Haar mit jeder Secunde hervorgezogen.
11	Salamandra	W	17	16,1	325	335	10	
12	maculata	W	17	16,1	285	335	50	
13	(Erdmolch)	W	33	21,2	a 105	135	30	Da nach Beendigung beider Messungen sich im Schälchen unter einer oberflächlichen Fibrinhaut noch flüssiges Blut befand, so wurde, ohne die Zählung zu unterbrechen, eine neue Probe aus der Schale aufgenommen (bei der 210. Secunde), welche ergab: Anfang 305 r, Ende 345, Dauer 40. Die Coagula sind in Colonne 13 b der Tafel mit eingetragen.
					b 165	195	30	
14		M	27	21,2	a 45	95	50	Die Röhre a hat die doppelte Weite der Röhre b, beide Blutsäulen sind gleich lang.
					b 45	55	10	
15		M	20	21,2	a 45	75	30	Beide Proben in gleichweitem Rohr, Blutsäule a dreimal so lang als Blutsäule b.
					b 45	115	70	
16		W	7	21,2	a 195	235	40	
					b 145	185	40	
					c 205	235	30	
17	Bufo vulgaris	W	113	20,6	115	205	90	
18	(Erdkröte)	W	76	20,6	95	175	80	
19	Bombinator	W	8	16,5	165	245	80	Nur das erste und letzte Coagulum notirt.
20	igneus (Unke)	W	4,7	16,5	275	445	170	
21		W	4,5	16,5	245	425	180	

Nr.	Versuchsthier	Geschlecht	Gewicht	Temperatur	Zeitwerthe für Anfang	Ende	Dauer	Bemerkungen
22	Frosch (zu-			16,4	165	315	150	Nur das erste und letzte Coagulum notirt.
23	meistRana es-			16,4	135	275	140	
24	culenta)	M	22	17,3	55	175	120	
25		W	28	17,3	105	275	170	
26		W	38	17,3	95	305	210	
27		M	44	22,1	75	165	90	
28		W	60	22,1	a 135	255	120	Rohr a hat doppelte Weite der Röhren b und c. Blutsäule b ist viermal so lang als die beiden andern.
					b 115	135	20	
					c 145	225	80	
29	Hyla arborea	M	5,5	16,4	135	305	170	Nur Anfang und Ende notirt, die Zwischencoagula nicht.
30	(Laubfrosch)	M	3,5	16,4	95	275	180	
31		M	8	16,4	55	225	170	
32	Lacerta viri-	M	10	16,7	365 r	585	220	
33	dis(Smaragd-	W	7	21,9	175 r	295	120	
34	eidechse)	M	10	21,9	45	145	100	
35	Lacerta agilis	W		18	425	715	290	Ist 11½ cm lang, trägt 9 gut erbsengrosse Eier.
36	(Mauer-	W	19	21,9	165	315	150	
37	eidechse)	W	10	21,1	105	445	345	
38	Anguis fragilis	W	17	16,3	65	505	445	
39	(Blind-	W	30	16,3	a 585	615	30	Die Coagula klein trächtig.
	schleiche)				b 375	405	30	
40		W	27	21,4	245	335	110	
41		W	30	21,4	165	255	90	
42	Coluber natrix	W	145	17	a 455 r	865	410	Trächtiges Thier. Die Blutkörperchen des im Schälchen aufgefangenen Blutes zeigen sehr starkes Senkungsbestreben. Die Placenta ist locker, fast schleimig, zeigt eine fast die Hälfte ihrer Dicke betragende Crusta phlogistira.
	(Ringelnatter)				b 125	625	500	
43		W	152	17	a 455	735	280	Dieselben Erscheinungen; trächtig die Eier etwa haselnussgross.
					b 495 r	705	210	
44		W	227	16,3	a 575	1065 r	490	dsgl.; trächtig.
					b 1295	1705 r	410	
45		W	120	16,8	a 530	730	200	dsgl. Das Haar wird bei diesem sowie bei den noch folgenden Thieren dieser Gattung erst mit jedem 20. Metronomschlage hervorgezogen.
					b 370	570	200	
46		W	170	16,8	760	1310	550	
47		W	280	16,8	710	990	280	
48		W	185	16,8	1070	1590	520	Trächtig. Grosses Senkungsbestreben der Blutkörperchen.
49		W	155	16,8	550	950	400	
50		W	141	16,8	550	950	400	

Nr.	Versuchsthier	Geschlecht	Gewicht	Temperatur	Zeitwerthe für Anfang	Ende	Dauer	Bemerkungen
51	Coluber laevis (Schlingnatter)	M	58	17				Ausserordentlich dürftige Gerinnsel, zum meisten Theil kaum erkennbar. Die Messung ging fort, so lange Blut in den Röhrchen vorhanden war. Zahlen sind nicht angegeben, da bei der langen Messungsdauer (über 40 Minuten) die Verdunstung entschieden Einfluss hatte. Das Senkungsvermögen der Blutkörperchen ist ebenso auffallend wie bei den Ringelnattern.
52		W	60	21,9	a 215	655	440	
					b 365	585	220	
					c 265	475	210	
53		M	48	22,1	a 305	885	580	
					b 345	725 r	380	
54		W	48	22,1	a 925 r	1245	320	Die Coagula von b klein, fast minimal. Eine halbe Stunde nach Erscheinen der auf der Tafel verzeichneten Coagula haben sich neue noch nicht gebildet.
					b 995	1035	40	
55		W	34	22,1	a 455	1005 r	550	
					b 555	845	290	
56		W	25	22,1	a 175	355	180	Die Coagula sind gegenüber denen der vorangehenden Thiere dieser Species sehr gross. Nr. 55 und 56 sind 6 Tage (die andern höchstens 3 Tage) in Gefangenschaft gewesen. Ein defibrinirtes Restblut fehlt.
					b 265	355	90	
					c 215	315	100	
57	Emys europaea (Flussschildkröte)	M	35	16,3	265	525	260	geköpft. (57–59)
58		M	34	16,3	375	565	190	
59		M	33	18,9	195	365	170	
*60	Fringilla chloris (Grünfink)		16	20,4	a 195	265 r	70	Geschwister; geköpft. (60–62)
					b 245	325	80	
*61			16	20,4	a 115	155	40	
					b 85	145	60	
*62			16	20,4	a 105	165	60	
					b 145	215	70	
*63	Sperling	M	13	20,6	235	315	80	Geschwister; geköpft. (63–64)
*64		M	17	20,6	375	385	10	
65		W	21	21,2	375 r	465	90	
*66	Sturnus vulgaris (gem. Staar)	W	49	21,9	a 265	375	110	Geschwister; geköpft. (66–68)
					b 385 r	425	40	
*67		M	47	21,9	a 125	205	80	
					b 225 r	255	30	
*68		M	53	21,9	a 195	295 r	100	
					b 285	335	50	

Nr.	Versuchsthier	Geschlecht	Gewicht	Temperatur	Zeitwerthe für Anfang	Ende	Dauer	Bemerkungen
69	Corvus frugilegus (Krähe)				55	185	130	geschnitten.
70	Picus major (Buntspecht)	W	49		a 175	255	80	diesjährig; auffallend blasses, fast durchscheinendes Blut; geköpft.
					b 195	255	60	
71	Taube		197		a 15	75 r	60	Sub Nr. 75 noch einmal gemessen.
					b 35	95	60	
72			230		a 45	115	70	Sub Nr. 76 noch einmal gemessen.
					b 45	115 r	70	
73			207		a 95	115	20	geschnitten.
					b 85	125	40	
74			182		a 65	115	50	geköpft.
					b 65	105	40	
75					a 145	225	80	
					b 205	275	70	
76					a 45	105	60	
					b 55	115	60	
77	Huhn	W		18,6	105	155 r	50	geschnitten.
78		W		18,6	a 65	135	70	
					b 85	125	40	
79	Coturnix com. (Wachtel)	M	83	20,4	a 215	285 r	70	
					b 175	295	120	
80	Ciconia alba	W			97	172	75	geschnitten.
81	(Storch) N	M			a 52	142	90	
					b 52	142	90	Ist erst nach längerer Jagd durch den Thiergarten eingefangen.
*82	Ardea cinerea (Fischreiher)	W	859	20,1	a 195	265 r	70	Geschwister; geköpft.
					b 245	335	90	
*83		W	484	20,1	a 445	525	80	
					b 485	585 r	100	
					c 495	605 r	110	
*84		W	219	20,1	a 365	445	80	
					b 485 r	585	100	
85	Grus cinerea (Kranich) N				a 82	112	30	Federblut.
					b 67	172	105	
86	Cygnus olor. (weisser	M			a 57	67	15	geschnitten
					b 7	67	60	
87	Schwan) N	M			a 127 r	187	60	
					b 52	142	90	
88	Cygnus chenopsis atratus (schwarzer Schwan) N	M			a 22	127	105	Federblut.
					b 22	142	120	

Nr.	Versuchsthier	Geschlecht	Gewicht	Temperatur	Zeitwerthe für Anfang	Ende	Dauer	Bemerkungen
89	Plectropterus gambensis	W			a 37	157	120	Federblut aus zwei Federn desselben Thieres.
					b 37	202	165	
90	(Sporngans) N	W			37	127	90	
91	Cygnopsis canadensis	W			a 22	67	45	weiss mit gelbem Schnabel; Federblut.
					b 22	82	60	
92	(Schwanengans) N	W			a 82	262	180	
					b 277	397	120	
93		M			a 112	217	105	
					b 142	217	75	
94		W			a 52	142	90	grau mit schwarzem Schnabel; Federblut.
					b 67	157	90	
95		W			a 52	277	225	
					b 37	202	165	
96	Lockengans N	W			a 52	82	30	
					b 37	82	45	
97		M			a 52	202	150	
					b 52	202 r	150	
98	Riesengans N	W			a 37	262	225	
					b 37	232	195	
99	Bisamente N	M			22	127	105	weiss; geschnitten.
100		W			a 67	232	165	
					b 112	262	150	
101		W			a 37	82	45	schwarz; Federblut.
					b 37	112	75	
102	Athene noctua (Käuzchen)			20,1	325	465	140	geschnitten.
*103	Strix flammea (Schleiereule)		358	21,1	a 185	195	10	geköpft.
					b 165	195	30	
104			365	21,1	105	145	40	
105	Buteo vulgaris (Mäusebussard) N				a 52	247	195	1½ Jahre alt; Federblut.
					b 22	247	225	
106	Hydroctrinia atra (Gabelweihe) N				a 37	142	105	2 Jahre alt; Federblut.
					b 97	172	75	
107	Aquila chrysaetos (Goldadler) N				a 52	247	195	5 Jahre alt; geschnitten; die Coagula hängen sehr fest an der Capillare.
					b 22	232	210	
108	Macropus halmathurus (Känguruh) N				52	157	105	

Nr.	Versuchsthier	Geschlecht	Gewicht	Temperatur	Zeitwerthe für Anfang	Ende	Dauer	Bemerkungen
109	Maus	W	25		a 195	295	100	
					b 215	295 r	80	
110		M	9		a 235	325 r	90	
					b 185	275	90	
111		W	34		a 105	225	120	Alle drei Blutsäulen gleich lang; Blutsäule b doppelt so dick als die beiden andern; trächtig.
					b 95	275	180	
					c 135	235	100	
112		M	8		a 235	315 r	80	Blutsäule d knapp 2 mm lang.
					b 195	335	140	
					c 235	295	60	
					d 245	295	50	
					e 215	285	70	
113	Ratte		265	16,7	85	375	290	
*114	Meerschweinchen	M	80	20,0	135	325	190	21 Stunden alt; Geschwister.
*115		W	60	20,0	185	335	150	
*116		W	72	20,0	175	345	170	
*117		M	97	20,0	195	335	140	3 Tage alt. Nach beendigter erster Messung ist noch flüssiges Blut in der Placenta. Deshalb wurde aus derselben ohne Zählungsunterbrechung noch eine 2. und nach dieser noch eine 3. Probe gemessen, welche ergab: Blutentnahme / Anfang / Ende / Dauer: in der 410. Sec. 565 705 140; in der 780. Sec. 815 935 120. Die Messungen sind in Colonne 117 der Tafel mit verzeichnet.
118		W	609		a 45	115	70	
					b 65	125	60	
					c 55	135	80	
*119	Kaninchen	W	45	16,7	855	1115	260	3 Tage alt; geköpft.
*120		M	48	16,7	365 r	625	260	
121		M	1867	16,7	35	275 r	240	geschnitten.
*122		W	120	18,0	295	405 r	110	17 Tage alt } geköpft.
*123		M	63	17,0	175	375	200	10 Tage alt } geköpft.
124		W	250	17,0	335	555	220	6 Wochen alt.
125		W	1718	20,4	195	285	90	Nach einander an demselben Thier angestellte Messungen.
126					a 175	335	160	
					b 225	395	170	
127					165 r	265	100	
128		M	1060		245	315	70	
129	Auchenia Lama (Lama) N	M	120 Pfd.		52	202	150	Messungen an demselben Thier; Schnitt in die Schwielen neben dem After.
130					52	97	45	

Nr.	Versuchsthier	Geschlecht	Gewicht	Temperatur	Zeitwerthe für Anfang	Ende	Dauer	Bemerkungen
131	Hircus Angorensis (Angoraziege) N	M			52	202	150	
132		W			37	142	105	
133	Rind	W	280 Pfd.		235	445	210	3/4 Jahr alt.
134		M	800 Pfd.		475	605	130	4 Jahre alt (Bulle).
135		W	289 Pfd.		555	665	110	7 Jahre alt.
136		W	250 Pfd.		115	285	170	2 1/2 Jahre alt.
137		W	300 Pfd.		275	485	210	8 Jahre alt.
*138		M	42 Pfd.		205	345	140	14 Tage alt.
*139		M	56 Pfd.		125	215	90	22 Tage alt.
140	Pferd (Ponny)	M	200 Pfd.		115	225	110	8—9 Jahre alt.
141		W	200 Pfd.		175	335	160	
142	Schwein	W	150 Pfd.		245	305	60	6—7 Monat alt.
143		W	140 Pfd.		165	285	120	
144	Bastard von wildem und englischem Schwein) N	W			112	187	75	
145		W			67	142	75	
146	Erinaceus europaeus (Igel)	M	718	16,9	235 r	325	90	Messungen an demselben Thier, Nr. 147 14 Tage nach Nr. 146 vorgenommen. Das Thier ist inzwischen sehr abgemagert, verweigert das Fressen.
147			613	16,0	105	435	330	
148	Sorex vulgaris (Spitzmaus)	W	7	19,1	85	135 r	50	
149	Talpa europaea (Maulwurf)	M	61	18,4	25	165	140	
150		M	81	20	95	205	110	
151	Hund (Spitz)	M	23 Pfd.		95	165	70	
152					a 135 r	205	70	
					b 135	275	40	
153	Vulpes vulgaris (Fuchs) N	M			a 37	142	105	
					b 52	217	165	
154	Nasua socialis (Rüsselbär) N		20 Pfd.		a 22	82	60	
					b 7	52	45	
155	Mensch	M		16,7	265	515	250	
156				16,7	235	335	100	
157				16,7	385	475 r	90	

Nr.	Versuchsthier	Geschlecht	Gewicht	Temperatur	Zeitwerthe für			Bemerkungen
					Anfang	Ende	Dauer	
158	Mensch	M		19,1	515	625	110	Nr. 155 – 157 sind am 3./6. 78 und Nr. 158 – 160 am 22/7. 78 an derselben Person hinter einander vorgenommene Messungen.
159		M		19,1	165	215	50	
160		M		19,1	a 295	395	100	
					b 245	285	40	
161		M		19,1	a 165	285	120	Messungen hinter einander an derselben Person vorgenommen.
					b 175	225	50	
162		M		19,1	a 145	185	40	
					b 165	215	50	
163		M		19,1	a 235	325	90	
					b 215	295	80	

Die zunächst hervortretenden Unterschiede in den Gerinnungszeiten verschiedener Individuen derselben Species dürfen nicht auffallen. Die Vierordt'sche Beobachtungsreihe verzeichnet in 260 Messungen an demselben Individuum Schwankungen des Endes von 3½ — 17½ Minuten, welche nur durch die gewöhnlichen Einflüsse der Nahrungsaufnahme, Ruhe und Bewegung hervorgerufen sind. Aehnliche, meist kleinere Schwankungen kommen auch bei der viel geringeren Individuenzahl meiner Versuchsreihen vor. Es schwankt das Ende der Gerinnung beim Salamander von 1—5½, Wassermolch 1—5½, Ringelnatter 10½—28½, Schlingnatter 5¼—20¾ (eventuell 41 Minuten, vergl. Nr. 51a der Tabelle und der Tafel), Taube 1¼—4½, Schwanengans 1—4½, Rind 3½—11, Kaninchen 4½—18½ und Mensch 3—10½ Minuten. Angesichts dieser grossen Differenzen hielt ich es bei der geringen Zahl der auf je eine Species entfallenden Messungen nicht für gerathen, Mittelwerthe zu bestimmen, und ich habe deshalb auch nicht versucht, Differenzen der Gerinnung bei verschiedenem Alter und Geschlecht zu bestimmen. Dass die etwaigen Mittelwerthe aus meinen Beobachtungen zum wenigsten sehr unzulänglich sein würden, zeigt der einfache Vergleich mit dem Vierordt'schen Endmittel für das Menschenblut, welches 9 Minuten beträgt, während es sich aus meinen Messungen nur zu 5½ Minuten ergiebt.

Eine zweite auffallende Erscheinung bieten die oftmals recht grossen Differenzen in den zusammengehörigen Resultaten der a tempo-Beobachtungen. Wollte man dieselben als Fehler betrachten, welche durch die Methode, in Folge ungleichartiger Beschaffenheiten des Haares und der Capillare, sei es im Verlauf der Gerinnung selbst, sei es in der Entfernung der Coagula gesetzt wurden, so würde sich die Methode als sehr unzureichend erweisen, da bei diesen Messungen Schwankungen bis zu 90% des Mittels vorkommen. Ob indess die Abweichungen der a tempo-Bestimmungen durch äussere, in der Technik des Verfahrens liegende Einflüsse bestimmt sind, ist noch sehr fraglich. Wir werden vielmehr anzunehmen haben, dass eben an verschiedenen Stellen desselben Blutstropfens die zeitlichen Vorgänge der Gerinnung nicht genau gleich sein werden.

Es handelt sich bei dieser Frage wesentlich darum, ob die zeitweilig entfernten Gerinnsel auch allemal in der Zeitperiode gebildet sind, zu deren Ende sie entfernt wurden. Wenn nun bei einer Messung viele Gerinnsel in ununterbrochener Reihe auf einander folgen, so ist der wahrscheinlichere Fall der, dass sie je in der betreffenden Zeitperiode gebildet sind, zu deren Ende sie entfernt wurden. Ein Blick auf die meist dichtgedrängte Gerinnselfolge in der graphischen Darstellung zeigt nun, dass die zehnsecundliche Periode für weitaus die meisten Fälle genügend ist, um die während derselben gebildeten Gerinnsel sich so weit um das Haar zusammenziehen zu lassen, dass sie am Haare fester als an der Glaswand haften, resp. dass die Verbindung des Gerinnsels mit dem Haare von vorn herein fester ist als die Adhäsion an die Glasröhre. Wenn nun Lücken in der Gerinnselreihe auftreten, so ist zumeist das erste wiedererscheinende Coagulum grösser als die zuletzt vorangegangenen; dies beweist, dass in der Gerinnselpause doch Fibrinbildung stattgefunden hat, und das letzterschienene Coagulum repräsentirt alsdann die Summe der in der betreffenden Pause gebildeten Gerinnsel. Demgemäss darf man selbst grosse Lücken innerhalb einer Gerinnselreihe, wenn sie nur noch von einer Anzahl hinter einander liegender Coagula gefolgt sind, nicht als Fehler etwa in dem Sinne auffassen, dass die ganze, einer Lücke

folgende Gerinnselreihe um die Länge der Lücke vom Ausgangspunkt der Messung weg verschoben worden wäre: man kann über den Abschluss der Gerinnung vielmehr nur bei isolirten endständigen Gerinnseln in Zweifel sein, und dann hat man an der Grösse des Gerinnsels und der Länge der Gerinnselpause immer ein Mittel, zu bestimmen, welcher von den beiden Fehlern, die man eventuell bei Einrechnung oder Ausschliessung derselben begehen kann, der kleinere ist. Aber selbst, wenn man nun bei Betrachtung der a-b-c-Bestimmungen alle die Fälle ausschliesst, bei denen Zweifel über die Genauigkeit in der Bestimmung der Gerinnungsgrenzen auftreten könnten, so wird man doch noch genug Beispiele finden, bei denen eine grosse Verschiedenheit in den Gerinnungszeiten der zusammengehörigen Blutproben ganz auffallend ersichtlich ist. Es existiren zunächst eine ganze Reihe von Fällen, in denen Anfang und Ende, und mit ihnen die Mitte der Gerinnung in demselben Sinne verschoben ist, dann aber noch andere, bei denen überhaupt das erste Gerinnsel der später gerinnenden Blutprobe erst erscheint, nachdem das letzte der anderen Reihe schon erschienen ist. Solche Beispiele finden sich bei Salamandra maculata, die besonders noch dadurch wichtig sind, dass bei ihnen wegen der energischen, sogar mit blossem Auge sichtbaren Contraction der Gerinnselchen von einer Adhäsion an die Capillarwand gar nicht die Rede sein kann, ferner bei der Blindschleiche, wo sogar zwischen dem Erscheinen des letzten Gerinnsels der einen und des ersten der anderen Reihe 3 Minuten Pause liegen, ferner bei der Schwanengans (Nr. 92) und insbesondere auffällig bei der Ringelnatter (Nr. 44). Daselbst liegen zwischen dem Abschluss der ersten und dem Anfang der zweiten Gerinnselreihe nahezu 5 Minuten Pause, die betreffenden Anfänge und Enden liegen aber um je 10 Minuten aus einander, so dass von einer Verschiebung der beiden Reihen durch Fehler in der Gerinnselwegnahme absolut nicht die Rede sein kann. Inwiefern aber die doch fast absolut gleiche Beschaffenheit der das Blut hier umgebenden Glaswand und des eingeführten Haares auf den zeitlichen Verlauf der Gerinnung selbst, etwa durch Contact, verändernd einwirken solle, ist gar nicht einzusehen. Man kann also nicht umhin, diese Unterschiede nur als

den verschiedenen Theilen des Blutstropfens inhärente, durch Verschiedenheiten, sei es in der Zahl der Formelemente, sei es in der chemischen Mischung, bedingte Eigenthümlichkeiten aufzufassen. Ob diese Differenzen nun im Blute bereits vor dem Austritt aus den Gefässen ausgeprägt vorhanden gewesen sind, oder sich erst während seines Contactes mit der Luft und dem Aufenthalt in der Capillare entwickelt haben, ist nicht zu entscheiden. In den beiden besonders auffallenden Fällen (Nr. 39 und 44), wo das Blut durch Abschneiden der Herzspitze gewonnen wurde, könnten die Differenzen der Gerinnungszahlen wohl bedingt sein durch Aufnahme vorwiegend venösen Blutes in die eine, vorwiegend arteriellen Blutes in die andere Capillare, dagegen lässt sich ein solcher Grund für die ebenso ausgeprägten Differenzen bei Nr. 92 nicht angeben.

Ich habe mich bei dieser Erörterung wesentlich an die Verschiedenheiten des Gerinnungsabschlusses gehalten, weil derselbe in der That genauer bestimmt werden kann als der Gerinnungsanfang, denn es sind bei demselben die Verhältnisse einer genaueren Bestimmung entschieden weit ungünstiger wegen der Unkenntlichkeit der in meiner Versuchsreihe sicher zum grössten Theil nicht diagnosticirten Partialgerinnungen. Dass von den ersten Gerinnseln wenigstens weit mehr zu streichen sind, als ich gestrichen habe, der Anfang eventuell also später anzusetzen ist, als geschehen ist, zeigt folgende vereinzelte Messung. Es wurde, wie schon eingangs erwähnt, einmal eine einzelne Messung am Blute von Triton cristatus angestellt, wo das Haar, in der Absicht durch fortwährendes Entfernen der gebildeten Gerinnsel ein defibrinirtes Restblut zu erhalten, jeweils nach jeder Secunde hervorgezogen wurde. Es erschienen vereinzelte Gerinnsel in der 44., 60., 82. Secunde, dann eine ununterbrochene Reihe von 16 Gerinnseln in der 88. bis 104. Secunde. Auf die gewöhnliche Messung nach zehnsecundlichen Perioden reducirt, würden Gerinnsel in der 45., 55., 95. und 105. Secunde zu verzeichnen gewesen sein, und zwar die beiden letzten auffallend stärker als die beiden ersten. Ich würde keinen Anstand genommen haben, in diesem Falle den Anfang auf die 45. Secunde zu setzen, da die zuerst erschienenen Gerinnsel keineswegs zu den früher genannten minimalsten gehörten. Dann wäre das Ende in die

105. Secunde gesetzt, was mit den wirklichen Verhältnissen recht gut stimmt, und die Dauer wäre zu 60 Secunden notirt worden. Man wird sich aber der stattlichen letzten Gerinnselreihe der einsecundlichen Messung gegenüber nicht bedenken, die drei isolirten Gerinnsel als für den Hauptgerinnungsvorgang unwesentlich zu streichen. Damit rückt aber der Anfang um das Doppelte der nach der zehnsecundlichen Periode für ihn bestimmten Zahl vom Ausgangspunkt der Messung weg, und man wird sagen müssen, dass die letztgewonnene Zahl den Verhältnissen bei weiten mehr entspricht. Man wird mir jetzt auch die Nichtberücksichtigung isolirter, auch nicht minimaler Gerinnsel zu Anfang und Ende der Gerinnselreihen nicht mehr zum Vorwurf machen.

Berechnet man nun im einzelnen Fall die procentische Abweichung der Doppelbeobachtungsglieder von dem aus ihnen gezogenen Mittel und zieht aus der Summe aller das Mittel, so ergiebt sich dasselbe, aus je 81 Fällen berechnet, für den Anfang zu 15,02%, für das Ende zu 8,80% und für die Dauer zu 18,11%. Die Abweichungen vertheilen sich folgendermassen:

Grenzen der Abweichung	Anzahl der Fälle für		
	Anfang	Ende	Dauer
ohne Abweichung	12	12	12
von 0—10%	23	39	16
„ 10—20	27	21	23
„ 20—30	9	8	12
„ 30—40	—	1	5
„ 40—50	6	—	6
„ 50—60	3	—	2
„ 60—70	1	—	4
„ 70—80	—	—	—
„ 80—90	—	—	—
„ 90—100	—	—	1
Summa	81	81	81

Die Tabelle zeigt, dass die grössten Abweichungen sich in der Gerinnungsdauer finden. Dies hat darin seinen Grund, dass sich bei derselben, da sie je aus den Zahlwerthen des Anfangs und Endes bestimmt wird, die Fehler beider summiren werden. Die grössere Ungenauigkeit in den Bestimmungen des Anfangs und der

Dauer wird man ohne Zwang auf den dem Anfang eigenthümlichen Fehler der Partialgerinnung zurückführen können.

Aus den oben angeführten natürlichen Differenzen der Doppelbeobachtungsglieder wird man nicht erwarten können, dass hinter einander angestellte Messungen an verschiedenen Blutstropfen desselben Individuums eine grössere Uebereinstimmung zeigen. Dr. Vierordt (a. a. O. S. 198) giebt Schwankungen bis zu 1 Minute bei gleichzeitigen Beobachtungen an, glaubt aber, dass dieselben bei grösserer Sorgfalt in der Ausführung der Messungen zu vermeiden gewesen wären. Ich meinestheils finde gerade in den Differenzen derselben ein Zeichen für die Empfindlichkeit der Methode. Die Unterschiede, welche in den Zahlen der wenigen von mir kurz nach einander an demselben Individuum gemachten Messungen auftreten, sind zum Theil grösser, liegen zum Theil auch innerhalb der Vierordt'schen Grenze. Die grösste Differenz von nahezu 6 Minuten (410 Secunden) findet sich zwischen Nr. 158 und 159, wo allerdings wegen der spät abschliessenden Coagulation bei Nr. 158 zwischen dem Entnehmen der beiden Blutproben auch eine gute Viertelstunde Zeit liegt. Doch sind Differenzen in den betreffenden Messungen noch mehrfach vorhanden, ja es vereinigen sich bei der Taube in den an demselben Thier angestellten Messungen sogar die Extreme der gewonnenen Zahlen (Nr. 71 und 75), was bei den sonst recht gut übereinstimmenden Zahlen dieser Thiere entschieden auffällig ist. Ich will hierbei allerdings dahingestellt sein lassen, ob die Unterschiede nicht durch gröbere Verschiedenheiten der Blutproben bedingt sind, indem das eine Mal Capillarblut (Nr. 71), das andere Mal aber Blut aus den grossen Halsgefässen (Nr. 75) zur Messung verwendet wurde. Einem ganz auffallenden Unterschiede, vor allem in der Dauer der Gerinnselbildung, begegnen wir bei den freilich mehrere Tage aus einander liegenden Beobachtungen am Igel (Nr. 146 und 147), eine Differenz, die jedenfalls auf Rechnung des durch die Nahrungsverweigerung sehr herabgekommenen Gesundheitszustandes dieses Thieres zu setzen ist.

Ich habe nun noch Einiges über den Zusammenhang der drei Gerinnungsphasen zu erwähnen. Eine kurze Uebersicht der Tafel zeigte, dass von einem ausgesprochenen Gesetz in dieser Beziehung

keine Rede sein konnte, und ich musste mich deshalb darauf beschränken. Uebereinstimmungen etwaiger Mittelzahlen aufzusuchen. Es liess sich unschwer erkennen, dass die Zeit der Gerinnselbildung wuchs, je mehr sich das Gerinnungsende verzögerte. Ich stellte also innerhalb der einzelnen Thierklassen sämmtliche Beobachtungen nach dem Gerinnungsende derart zusammen, dass alle diejenigen Beobachtungen in je eine Gruppe kamen, bei denen der Gerinnungsabschluss innerhalb der 1. bis 100., 100. bis 200., 200 bis 300. Secunde u. s. w. erfolgt war[1]). In jeder solchen Gruppe bestimmte ich nun Mittelzahlen für Anfang, Ende und Dauer der Gerinnung, und berechnete dieselben, unter Belassung der je in einer Gruppe vorliegenden Zahlenverhältnisse, auf 100 Secunden des Endes. Ausserdem bestimmte ich noch in jeder Gruppe das Verhältniss des Gerinnungsanfangs zum Gerinnungsende. Die nachfolgende Tabelle giebt die so gewonnenen Zahlen. Bei dieser Berechnung wurden die Einzelglieder der a tempo-Beobachtungen als selbständige Werthe mit in Rechnung gezogen, als welche sie ja auch zum Theil nach den früher ausgeführten Betrachtungen aufzufassen sind. Man vergleiche bei Uebersicht der folgenden Tabelle die auf Taf. IV gegebene kleine graphische Darstellung der auf 100 reducirten Mittelwerthe. Dieselbe bedarf keiner besonderen Erläuterung.

Tabelle II.

Thierklasse	Grenzen des Endes	Anzahl der Messungen	Mittelwerthe für			Verhältniss von Anfang zu Ende	Mittelwerthe des auf 100 reducirten Endes		
			Anfang	Ende	Dauer		Anfang	Ende	Dauer
Amphibien	von 0 — 100 Sec.	6	48	77	28	1,58	62	100	37
	„ 100 — 200 „	14	94	148	54	1,57	63	100	37
	„ 200 — 300 „	13	144	247	103	1,73	58	100	42
	„ 300 — 400 „	12	211	331	120	1,57	64	100	36
	„ 400 — 600 „	11	409	737	328	1,80	55	100	44
	„ 600 — 800 „	11	765	1201	436	1,55	64	100	36

1) Diese Gruppeneintheilung ist jedoch nicht streng innegehalten, da es mir darauf ankam, möglichst viele solche Gruppen und in jeder derselben möglichst die gleiche Anzahl von Beobachtungen zu erhalten.

Thierklasse	Grenzen des Endes	Anzahl der Messungen	Mittelwerthe für			Verhältniss von Anfang zu Ende	Mittelwerthe des auf 100 reducirten Endes		
			Anfang	Ende	Dauer		Anfang	Ende	Dauer
Vögel aus dem Tübinger Institute	von 0— 130 Sec.	11	58	110	52	1,72	53	100	45
	„ 130— 200 „	10	107	160	53	1,51	67	100	33
	„ 200— 300 „	12	182	257	75	1,41	71	100	29
	„ 300— 605 „	14	358	441	83	1,21	81	100	19
Vögel aus dem Stuttgarter Thiergarten	„ 0— 100 „	7	41	90	49	2,19	46	100	54
	„ 100— 150 „	12	44	134	90	3,05	33	100	67
	„ 150— 200 „	5	85	172	87	2,02	49	100	51
	„ 200— 240 „	10	58	218	160	3,76	27	100	73
	„ 240— 397 „	8	86	275	189	3,24	31	100	69
Säugethiere aus dem Tübinger Institute	„ 0— 200 „	8	81	150	69	1,85	54	100	46
	„ 200— 250 „	9	135	218	83	1,61	62	100	38
	„ 250— 300 „	14	180	285	105	1,58	63	100	37
	„ 300— 400 „	19	210	341	131	1,62	62	100	38
	„ 400—1115 „	12	388	579	191	1,51	67	100	33
Säugethiere aus dem Stuttgarter Thiergarten	„ 0— 217 „	11	88	189	111	2,15	41	100	59

In der Tabelle zeigt sich, mit einer Ausnahme, ein gleichzeitiges Wachsen aller drei Gerinnungszahlen. Die Ausnahme (bei den Stuttgarter Vögeln) darf jedoch nicht schwer ins Gewicht fallen, da die Zahl der Fälle, aus denen vorliegende Mittelzahlen bestimmt wurden, sehr klein (5) und die geringste von allen ist. Das gleichzeitige Zunehmen aller drei Gerinnungszahlen lässt sich mit einigen Ausnahmen ins Detail hinein verfolgen. Zählen wir zunächst innerhalb der drei Wirbelthierklassen die Doppelbeobachtungen nach dem Ende derart zusammen, dass die zu dem späteren resp. früheren Ende gehörigen Zahlen je auf einer Seite stehen, so erhalten wir folgende Summen:

Späteres Ende.

	Anfang	Ende	Dauer
Amphibien . .	4465	7515	3050
Tübinger Vögel	3310	4390	1080
Stuttgarter Vögel	1006	2671	1665
Säugethiere . .	1874	3169	1295

Früheres Ende.

	Anfang	Ende	Dauer
Amphibien . .	3935	5895	1960
Tübinger Vögel	2640	3720	1080
Stuttgarter Vögel	586	2131	1545
Säugethiere . .	1684	2594	910

Theilen wir ferner in gleicher Weise innerhalb der einzelnen Species, soweit es die Individuenzahl erlaubt, die Messungen gleichfalls in zwei Gruppen, deren eine die Messungen mit früher auftretendem, deren andere die Messungen mit später eintretendem Ende enthält, und addiren, so begegnen wir der gleichen Erscheinung, wie die folgende kleine Tabelle zeigt. Bei ungerader Individuenzahl wurde die mittelste Messung dabei weggelassen (z. B. beim Rind Nr. 133). Aus den Doppelbeobachtungen wurde dabei das Mittel genommen.

Späteres Ende.

	Anfang	Ende	Dauer
Salamander . .	792	888	96
Frosch . . .	305	895	500
Ringelnatter .	3475	5275	1800
Kaninchen . .	2025	3075	1050
Rind	1305	1755	450

Früheres Ende.

	Anfang	Ende	Dauer
Salamander . .	225	335	110
Frosch . . .	262	545	283
Ringelnatter .	1765	3065	1300
Kaninchen . .	1040	1870	830
Rind	445	845	400

Unter den angeführten Beispielen finden sich zwei Ausnahmen, einmal unter den Doppelbeobachtungen die Vögel des Tübinger Laboratoriums, wo die Zeitwerthe der Dauer einander gleich geblieben sind, und in der anderen Gruppe der Salamander, wo die zum früheren Ende gehörende Dauer sogar grösser ist. Es kommt jedoch die genannte Erscheinung des gleichzeitigen Wachsens aller drei Zahlen nur bei grösseren Differenzen ordentlich zum Vorschein. Wo dieselben grösser sind, wie z. B. bei den Ringelnattern, lassen sich sogar mehrere Gruppen aufstellen, welche die genannte Erscheinung deutlich zeigen. Dass sich die eben angeführte Erscheinung des gleichzeitigen Wachsens aller drei Zahlen auch bei den Doppelbeobachtungen findet, spricht sehr dafür, dass, wie ich es oben ausgeführt habe, die Differenzen der zusammengehörenden Doppelbeobachtungsglieder nicht als Fehler der Methode, sondern als durch die Beschaffenheit der einzelnen Blutportionen bedingte Unterschiede des Gerinnungsvorganges aufzufassen sind.

Ueberblickt man ferner die in Tab. II angeführten Verhältnisszahlen des Anfangs und Endes, so wird man innerhalb der Amphibiengruppe einerseits und innerhalb der Säugethiergruppe andererseits und dann zwischen beiden eine nicht zu verkennende Ueber-

einstimmung finden. Eine weitere Uebereinstimmung zeigt sich in der Gruppe der Nill'schen Vögel. Dieselbe wird noch deutlicher, wenn man betrachtet, wie sich die Verhältnisse der drei Gerinnungsphasen darstellen würden, wenn das Ende in allen Fällen gleich, z. B. auf 100 Secunden gesetzt würde. Alsdann tritt sofort hervor, dass die Dauer der Gerinnselbildung bei den Nill'schen Vögeln bedeutend länger ist als bei den übrigen Thieren.

Merkwürdig ist, dass, wenn man die Mittelzahlen aus den Beobachtungen an den Säugethieren des Stuttgarter Thiergartens zieht und dieselben gleichfalls auf 100 Secunden des Endes reducirt, sich die gewonnenen Zahlen, wie die Tabelle zeigt, vollständig in die Gruppe der Stuttgarter Vögel einreihen. Es giebt diese Beobachtung das Bindeglied zwischen den sonst abweichenden Verhältnissen der Nill'schen Vögel und der Säugethiere. Es geht zunächst daraus hervor, dass die Absonderung der Nill'schen Exemplare, weil dieselben unter anderen Verhältnissen beobachtet wurden, gerechtfertigt war, und zweitens, dass die Verhältnisse der Gerinnungszahlen beider Thierklassen durch dieselben Temperaturdifferenzen in gleicher Weise modificirt worden sind. Alsdann wäre auch anzunehmen, dass sie unter normalen Verhältnissen einander gleich gewesen wären. In dieser Richtung bieten jedoch die Tübinger Vögel immer noch eine bedeutende Abweichung, die aber jedenfalls durch die grosse Zahl der hier untersuchten jungen Thiere bewirkt ist; zum wenigsten ist in den beiden letzten, am meisten abweichenden Gruppen (Ende von 200 — 300 und von 300 — 605 Sec.) die Zahl der jungen Thiere (18) mehr als doppelt so gross als die der alten (8). Berechnet man ferner auf die vorhin angeführte Weise die Mittelzahlen der alten und der jungen Thiere für sich und reducirt sie auf 100 Secunden des Endes, so stimmen die Verhältnisse der Gerinnungszahlen bei den alten ausgewachsenen Vögeln recht gut mit denen der übrigen Thiere (64, 100, 37), während die Zahlen für die jungen noch nicht flüggen Thiere von jenen ganz bedeutend abweichen (79, 100, 21).

Sucht man nun die genannten Erscheinungen einem einheitlichen Gesichtspunkte unterzuordnen, so hat man vor allem eine

Beobachtung von A. Schmidt[1]) zu berücksichtigen. Derselbe fand, dass in seinen Plasmalösungen Gerinnungsgeschwindigkeit, Menge und Consistenz des gebildeten Fibrins abhängig waren von der Menge des zugesetzten Fermentes. Damit gewinnt eine Erscheinung Bedeutung, welche auch in meiner Versuchsreihe oft genug aufgetreten ist: dass die Gerinnsel um so kleiner und lockerer ausfielen, je später die Gerinnung auftrat. Bei den Schlingnattern findet man in dieser Beziehung sogar die Extreme innerhalb derselben Species vereinigt: auf der einen Seite spät auftretende protrahirte Gerinnselbildung (Nr. 51 und 54) und dieselbe noch dazu so wenig voluminös, dass zu ihrer Erkennung oft noch eine Unterlage von weissem Glanzpapier benutzt werden musste, und dieselben noch dazu in einem Falle noch so wenig zahlreich (54b), dass eine Consistenzveränderung und Volumverminderung der Blutprobe gar nicht wahrgenommen werden konnte, und auf der anderen Seite dagegen eine früh auftretende und so energische Gerinnselbildung, dass nicht einmal ein defibrinirtes Restblut zurückbleibt. Ferner geht bei den kurz dauernden, früh auftretenden Gerinnungen die Gerinnselcontraction so energisch vor sich, dass noch ungeronnenes Plasma ausgepresst wird. Es handelt sich also hier offenbar um Verschiedenheiten der entwickelten Fermentmenge, welche im Wesentlichen die zeitlichen Differenzen der Gerinnung bedingen. Ob das gleichfalls von mir zumeist bei den Ringelnattern beobachtete, der Gerinnungsverzögerung vergesellschaftete grosse Senkungsbestreben der rothen Blutkörperchen Ursache oder Folge von ersterer ist, vermag ich nicht anzugeben.

Die Menge des vorhandenen Blutfarbstoffs kann gleichfalls auf die Gerinnung, vor allem auf die Consistenz der Gerinnsel, Einfluss haben. Zusätze unkrystallisirten Blutfarbstoffs erhöhen nach A. Schmidt[2]) die Festigkeit des Faserstoffs bedeutend, und

1) A. Schmidt, Pflüger's Archiv Bd. 9 S. 315: „Ich habe ferner bei meinen Versuchen oft genug Gelegenheit gehabt, zu bemerken, dass die Festigkeit und Zähigkeit des Faserstoffs sowohl, als der Grad seiner Unauflöslichkeit in alkalischen, in salzigen Flüssigkeiten, im Serum, abhängig ist von der Menge des seine Gerinnung bewirkenden Fermentes, also in einem leicht verständlichen Zusammenhange mit der Geschwindigkeit der Gerinnung selbst steht."

2) A. Schmidt, Pflüger's Archiv Bd. 9 S. 320.

ziehen die Gerinnung auf einen kürzeren Zeitraum zusammen. Eine Vergleichung mit der im Tübinger Institut von Herrn Korniloff[1]) vorgenommenen Messung des Blutfarbstoffs gab dafür jedoch keinen besonderen Anhalt.

Zum Schluss kann ich nicht unterlassen, Herrn Prof. v. Vierordt für die freundliche Aufforderung zu dieser Arbeit und für die Anleitung und Ueberwachung bei Durchführung derselben meinen verbindlichsten Dank hiermit abzustatten.

---

1) Zeitschrift für Biologie Bd. 12 S. 515 u. f.

Oberflächenmessungen des menschlichen Körpers.

Von

K. Meeh.

Mit Taf. V, VI und VII.

(Aus dem physiologischen Institut in Tübingen.)

Bei Untersuchungen über die Functionen der Hautoberfläche z. B. die Schweisssecretion, Perspiration, Wärmeregulirung wurde eine genaue Grössenbestimmung der Gesammtoberfläche des menschlichen Körpers, sowie ihrer einzelnen Abtheilungen vermisst, wenn man die speciellen Resultate verallgemeinern wollte durch Vergleichung der Stärke dieser Functionen an verschiedenen Hautabtheilungen oder an der Gesammtoberfläche in den verschiedenen Lebensaltern.

Bis jetzt sind abgesehen von Schätzungen nur wenige directe Messungen der Oberfläche des menschlichen Körpers und zwar an vier Individuen veröffentlicht worden. Dieselben rühren von Funke, Krause, Valentin, Fubini und Ronchi her.

Funke erhielt (s. Moleschott's Untersuchungen 1858 Bd. 4 S. 36) folgende Werthe:

Oberfläche der Brust, des Bauches und der vorderen Halsseite	338 □Zoll
Oberfläche des Nackens, Rückens und Gesässes	439 „
„ des Kopfes ohne Ohren u. Augenlider	135 „
„ beider Oberschenkel	414 „
„ beider Unterschenkel	298 „
„ beider Füsse	180 „
„ beider Oberarme	181 „
„ beider Unterarme	153 „
„ beider Hände	116 „
Gesammtoberfläche =	2254 □Zoll = 15 $^2/_3$ P. □Fuss.

Im Abschnitt „Haut“ in Wagner's Handwörterbuch der Physiologie schätzt Krause „nach von ihm angestellten vorläufigen Messungen, welche freilich den wünschenswerthen Umfang noch nicht erreicht haben“ die Körperoberfläche auf 15 □Fuss.

In den Nachträgen zur zweiten Auflage vom Lehrbuch der Physiologie des Menschen von Prof. Valentin (Braunschweig 1851) ist unter dem Anhang Nr. 191 die Grössenbestimmung der Hautoberfläche eines 3 tägigen abnorm leichten Mädchens von 1,77 kg Körpergewicht und 0,44 m Körperlänge erwähnt:

Schädelhaut	0,0192 qm
Ohren	0,0028 „
Gesichtshaut	0,0064 „
Nackenhaut	0,0015 „
Halshaut	0,0033 „
Vordere Brusthaut	0,0086 „
Entsprechende Seiten- und Rückenhaut .	0,0129 „
Bauchhaut	0,0070 „
Entsprechende Rückenhaut	0,0061 „
Beide Arme	0,0235 „
Beide Beine	0,0306 „
Gesammtoberfläche der Haut	0,1219 qm

In ihren „Versuchen über die Perspiration der Kohlensäure beim Menschen“ in Moleschott's Untersuchungen Bd. 12 Heft 1 geben Fubini und Ronchi eine von ihnen mit Abbati gemachte directe Messung der Körperoberfläche eines erwachsenen, 1 m 62 cm hohen und nur 50 kg schweren Mannes an:

Oberfläche des Gesichts (mit Ausnahme der Ohren und Augen)	0,041868 qm
Oberfläche des Kopfes	0,052245 „
„ des Halses	0,057422 „
„ der Brust, des Rückens und des Bauches	0,290919 „
Oberfläche der Glutaeo-perineal- und Schamgegend	0,165699 „
Oberfläche beider Schultern	0,074540 „
„ beider Oberarme	0,075617 „
„ beider Vorderarme und Hände . .	0,197135 „
„ beider Oberschenkel	0,298162 „
„ beider Unterschenkel	0,222993 „
„ beider Füsse	0,130083 „
Totalsumme	1,606685 qm

Zusammenstellung der bis jetzt gemachten vier directen Messungen:

Beobachter	Alter	Gewicht	Körperlänge	Oberfläche des Individuums
Valentin	Mädchen von 3 Tagen	1,77 kg	0,44 m	0,1219 qm
Fubini und Ronchi	Erwachsener Mann	50 kg	1,62 m	1,606683 qm
Funke	„	?	?	15 2/3 □Fuss = 1,6517 qm
Krause	„	?	?	15 □Fuss = 1,5843 qm

Der vorliegende Versuch, zu welchem Herr Prof. Dr. v. Vierordt die Anregung gegeben, enthält Messungen der Gesammtoberfläche und ihrer einzelnen Abtheilungen an 16 männlichen Individuen verschiedener Altersklassen. In der geburtshilflichen Klinik wurde mit der gütigen Erlaubniss des Herrn Prof. Dr. v. Säxinger ein dem Gewicht und der Länge nach normaler Neugeborener mir zum Versuche überlassen.

Nur Funke und Fubini-Ronchi haben ihre Messungsmethoden genauer angegeben.

Die Grösse einer Fläche überhaupt kann bestimmt werden durch Messung von geometrisch passenden Linien, aus denen der Flächeninhalt berechnet wird, oder durch Deckung mit anderen Flächen von bekannter Grösse oder, bei Bestimmung der Grösse von unregelmässigen gekrümmten Flächen, durch Deckung mit anderen Flächen, deren Inhalt nachträglich leicht gemessen wird.

Der erste Weg wurde von Fubini und Ronchi eingeschlagen und in ihrer oben erwähnten Abhandlung mit folgenden Worten beschrieben:

„Die ganze Oberfläche des Körpers wurde durch scharf gezogene Linien nach den anatomischen Regionen eingetheilt. Hierauf ermittelten wir sorgfältig den Flächenraum jeder Region, indem wir sie mit möglichster Annäherung in Theile zerlegten, deren Flächeninhalt leicht auf geometrischem Wege bestimmt werden konnte. Die Maasse wurden mittelst Seidenschnürchen und Maassband genommen. Bei den Messungen am Kopfe leistete uns das Kraniometer gute Dienste.“

Diese Methode scheint jedoch mit zu grossen Schwierigkeiten verknüpft; denn erheischt es schon Geduld und Aufmerksamkeit, den Inhalt einer Fläche auf einem ebenen Papier geometrisch zu bestimmen, um so mehr auf einer gekrümmten Oberfläche eines Individuums, welches sich nicht nach Belieben drehen und wenden lässt.

Die zweite Methode der Deckung mit Flächen von bekannter Grösse wurde von Funke angewandt. Um die Grösse der Hautoberfläche zu erhalten, beklebte er die eine Seitenhälfte eines normalen männlichen Cadavers mit gemessenen Papierstücken (Quadratzoll) und erhielt die Oberfläche durch Zählung.

Eine Modification dieser Funke'schen Methode wurde von mir bei einzelnen dazu geeigneten cylinderförmigen Körpertheilen z. B. bei den Fingern, dem Penis, hier und da beim Unterarm, Oberarm, selten beim Oberschenkel und Unterschenkel angewandt.

Zunächst wurden von dem bekannten endlosen sogenannten „Millimeterpapier", das in Quadratmillimeter getheilt ist, lange Streifen von 0,2 oder 0,5 oder 1 oder 2 ^{cm} Breite zurechtgeschnitten und in geeigneten Entfernungen der vom Anfang des Streifens an berechnete Flächeninhalt hingeschrieben. Je kleiner der Radius des cylinderförmigen Körpertheils war, ein um so schmälerer Streifen wurde zur Messung gewählt, damit die Windungen nicht allzusteil würden. Bei Vornahme der Messung wurde der Streifen an seinem Anfang mit Klebwachs befestigt und nach Art einer chirurgischen Binde in Spiralform um das Glied gewickelt, so dass 1. die einander zugekehrten Ränder von zwei benachbarten Windungen einander genau berührten und 2. die dem Körpertheil zugewandte Fläche des Streifens sich an die Hautoberfläche genau anschmiegte. Die Grenzen zwischen dem gedeckten und nicht gedeckten Theil der Oberfläche wurden durch rothe Farbstriche bezeichnet und der vom Streifenrand abgelesene Inhalt aufgeschrieben.

Gemäss diesem Verfahren wurde ein Cylinder aus Eichenholz mit einem Durchmesser von 3 ^{cm} und einem Mantel von 189,525 ^{qcm} mit Papierstreifen umwickelt und so der Flächeninhalt des Cylindermantels 15 mal bestimmt:

a	b	c	d	
Breite des Papierstreifens	Gemessener Inhalt	Unterschied zwischen b und dem geometrisch bestimmten Inhalt	Fehler $= \frac{c}{189,525}$	
1 cm	188,0 qcm	— 1,525 qcm	$-\frac{1}{124,3}$	Fehler —
1	188,5	— 1,025	$-\frac{1}{184,9}$	
1	189,0	— 0,525	$-\frac{1}{361}$	
1	188,4	— 1,125	$-\frac{1}{168,5}$	
1	188,0	— 1,525	$-\frac{1}{124,3}$	
1	188,0	— 1,525	$-\frac{1}{124,3}$	
0,2	182	— 7,525	$-\frac{1}{25,2}$	
0,2	194	+ 4,475	$+\frac{1}{42,3}$	Fehler +
0,5	194,28	+ 4,755	$+\frac{1}{39,9}$	
2	192,2	+ 2,675	$+\frac{1}{70}$	
2	192,8	+ 3,295	$+\frac{1}{57,1}$	
2	191,4	+ 1,875	$+\frac{1}{101,1}$	
2	191,2	+ 1,675	$+\frac{1}{113,1}$	
2	190,8	+ 1,275	$+\frac{1}{148,6}$	
2	191,7	+ 0,475	$+\frac{1}{399}$	

Zur weiteren Prüfung der Fehler wurde die Umwicklungsmethode an demselben Körpertheil (dem Zeigefinger) in 6 auf einander folgenden Messungen angewendet:

	a	b	c	d	e	f
	Durchschnittlicher Oberflächenwerth	Werth der umwickelten Oberfläche	Werth der durch die später zu beschreibende geometrische Methode bestimmten Fläche	Summe = b + c	Unterschied = d — a	Abweichung vom Durchschnitt
I. Messung	50,845 qcm	44 qcm	6,145 qcm	50,145 qcm	— 0,70 qcm	— 0,01377
II. Messung	50,845	45	5,24	50,24	— 0,605	— 0,0119
III. Messung	50,845	47	2,905	49,905	— 0,94	— 0,01849
IV. Messung	50,845	44	7,77	51,77	+ 0,925	+ 0,01819
V. Messung	50,845	44	7,60	51,60	+ 0,755	+ 0,01485
VI. Messung	50,845	46	5,41	51,41	+ 0,565	+ 0,01111

Zur Ausmessung der Oberfläche der meisten unregelmässigen, nicht cylinderförmigen Körpertheile benutzte ich die Methode der Deckung mit Papierstücken, welche erst nachträglich gemessen werden sollten. Durchsichtiges, mit Terpentinöl durchtränktes Seidenpapier wurde auf die zu messende, von rothen Farbstrichen umgrenzte Fläche gedeckt und die rothfarbigen Randlinien auf die Fläche des Papiers mit einem Bleistift durchgezeichnet, so dass der Flächeninhalt auf dem nachher in einer Ebene ausgebreiteten Papier geometrisch oder auch nach den in Gscheidlen's Physiologischer Methodik angegebenen Regeln gefunden werden konnte.

In Gscheidlen's Physiologischer Methodik sind vier Arten der Grössenbestimmung von unregelmässigen Flächen angegeben:

1. mit dem Schätzquadrat, 2. auf geometrischem Wege durch Berechnung der mittleren Ordinate, 3. durch Wägung, 4. mit dem Planimeter von Amsler.

Doch die beiden ersten Arten der Bestimmung mit dem Schätzquadrat und auf geometrischem Wege durch Berechnung der mittleren Ordinate erschienen zu langwierig; auch auf die vierte Art der Bestimmung mit dem Planimeter von Amsler konnte ich verzichten. Dagegen wurde von der dritten Art der Bestimmung durch Wägung Gebrauch gemacht, aber ihre Anwendung in der Messung auf sehr unregelmässige, anders kaum so genau bestimmbare Flächentheile z. B. der Nägel und ausnahmsweise der Ohrmuschel beschränkt.

Zur Prüfung der Gleichmässigkeit des Papiers wurden fünf grosse Bogen desselben zu einem System von fünf Blättern über einander gelegt und der Flächeninhalt von 1g Papier auf folgende Weise bestimmt: Aus dem System wurden von der Ecke, der Seitenpartie und der Mitte drei verschiedene Systeme von je fünf Papierkreisen à 12,564 qcm mit einem Locheisen herausgeschlagen; dann wurde jedes System besonders und jedes einzelne Blatt für sich mit einer chemischen Wage gewogen. Aus der folgenden Tabelle ergiebt sich für 1g Papier 150,3 qcm Fläche:

Flächeninhalt eines Blattes = 12,564 qcm	Kleine Blättersysteme		
	aus der Ecke	von der Seitenpartie	aus der Mitte des Papiersystems
1. Blatt . . .	0,0844 g	0,0817 g	0,0839 g
2. Blatt . . .	0,08375	0,0816	0,0838
3. Blatt . . .	0,0833	0,0822	0,0834
4. Blatt . . .	0,0839	0,0837	0,0839
5. Blatt . . .	0,0852	0,0824	0,0836
Summe . . .	0,4055	0,4116	0,4186
Die fünf kleinen Blättersysteme gewogen . .	0,4174	0,408	0,418

Wollte ich den Flächeninhalt einer beliebigen Papierfläche bestimmen, so schnitt ich mit der Scheere eine ihr congruente Fläche aus dem gleichmässigen Papier heraus und wog diesen Ausschnitt auf der chemischen Wage. War das Gewicht $= x$ Gramm gefunden, so ergab sich der Flächeninhalt $= x \cdot 150{,}3$ qcm. Um den Fehler dabei zu verringern, wurden immer zwei gleiche Papierausschnitte zusammen gewogen und das gefundene Resultat dafür mit 2 dividirt.

Schon bei der Theilung der Oberfläche in einzelne geeignete Flächentheile durch rothe Farbstriche wurde darauf gesehen, dass die einzelnen Theile der Umrisslinien sich dem Charakter der geraden Linie näherten. Daher konnte man die durchgezeichnete Umschliessungscurve jeder solchen Fläche auf dem in eine Ebene ausgebreiteten Pauspapier mit ziemlicher Genauigkeit durch eine Summe von unter verschieden grossen Winkeln sich schneidenden

Geraden ersetzen. Und sollte ja auch einmal die Umrisslinie sehr stark gekrümmt gewesen sein, so konnte man den unter solchen Umständen vielleicht entstehenden Fehler um so kleiner machen, in je mehr Gerade man die Curve zerlegte. Dann ergab sich die einfache geometrische Aufgabe, den Inhalt eines von geraden Linien umschlossenen Vielecks zu finden. Das Vieleck wurde in passende Dreiecke zerlegt, eine Seite und zugehörige Höhe in jedem Dreieck mit dem Zirkel gemessen und mit einem genauen Millimetermaass verglichen. Waren zwei Dreiecke benachbart, so wurden die beiden Dreiecken gemeinsame Seite und die zugehörigen Höhen der Abkürzung wegen gemessen. Der Flächeninhalt des Vielecks ergab sich dann als die Summe der halben Producte aus Seite und zugehöriger Höhe bei den einzelstehenden Dreiecken und der halben Producte aus gemeinsamer Seite und Summe der zugehörigen Höhen bei je zwei benachbarten Dreiecken. So wurde der Flächeninhalt schnell und im Vergleich mit den anderen Methoden sehr genau gefunden.

Zur Probe wurde derselbe Theil der Oberfläche des Handrückens 6 mal hinter einander ausgemessen und nachstehendes Resultat erhalten:

	a	b	c	d
	Durchschnittlicher Werth	Geometrisch bestimmter Werth	Unterschied: b — a	Abweichung vom Durchschnitt: $\frac{c}{a}$
I. Messung	40,639 qcm	40,53 qcm	— 0,109 qcm	— 0,002682
II. Messung	40,639	40,435	— 0,204	— 0,00502
III. Messung	40,639	41,04	+ 0,401	+ 0,009867
IV. Messung	40,639	41,36	+ 0,721	+ 0,01774
V. Messung	40,639	39,93	— 0,709	— 0,01745
VI. Messung	40,639	40,54	— 0,099	— 0,02436

Besondere Schwierigkeiten bieten viele Theile der Oberfläche von Kopf und Hals; diese wurde in eine grössere Anzahl Einzelgegenden zerlegt, deren wiederholte Messung nicht unwesentliche Differenzen ergab. Nimmt man aber die Gesammtfläche aller dieser Gegenden, die eben in ihrer Gesammtheit gut abgrenzbar ist, so stimmen die wiederholten Messungen auffallend gut mit einander

überein. An derselben Versuchsperson (Pistorius) wurde die rechte und linke Seite von Kopf und Hals 2 mal gemessen: bei der ersten Messung wurden 1396,57 qcm, bei der zweiten Messung 1396,93 qcm erhalten.

Diese relativ genaue Methode der Deckung mit Papierstücken, deren Flächeninhalt erst nachträglich geometrisch bestimmt wird, habe ich fast immer angewandt, abgesehen von der Messung der Nägeloberflächen durch die Wägmethode und von der Messung der Fingeroberflächen durch die Umwicklungsmethode.

Um aber diese einleitenden Bemerkungen nicht allzu umfänglich werden zu lassen, bin ich genöthigt, die vielerlei Cautelen bei solchen Messungen, die sich dem Kundigen von vorn herein oder nach nur kurzer Beschäftigung mit derlei Arbeiten aufdrängen müssen, zu übergehen, sowie die speciellere Angabe der Grenzen der 36 Gegenden, in welche ich die Körperoberfläche zerlegte, zu unterlassen und durch zwei Zeichnungen (siehe Taf. VII) zu ersetzen.

I. Kopf und Hals: A. Kopf: 1. Behaarter Theil des Kopfes; 2. Stirn und Schläfe; 3. Nase; 4. Ohrmuschel; 5. Ohrgegend (am Processus mastoideus mit Grenzen gegen die Ohrmuschel, gegen den behaarten Theil des Kopfes, gegen den Nacken, gegen das obere Halsdreieck und gegen die untere Unterkieferseite); 6. geschlossenes Auge; 7. übriger Theil des Gesichts (Wangen, Lippen und Kinn); 8. untere Unterkieferseite (Fossa submaxillaris und subauricularis). B. Hals: 9. Oberes Halsdreieck durch den vorderen Rand des M. sternocleidomastoideus getrennt vom 10. unteren Halsdreieck; 11. Nacken durch den Rand des M. cucullaris vom unteren Halsdreieck getrennt.

II. Rumpf: 12. Oberer Rumpftheil vom Hals getrennt durch den oberen Brustbeinrand, Schlüsselbein, Akromion, oberen Schulterblattrand und Dornfortsatz des 1. Brustwirbels; 13. Unterer Rumpftheil vom oberen Rumpftheil getrennt durch Processus ensiformis, unteren Rippenbogenrand und Dornfortsatz des 1. Lendenwirbels.

III. Obere Extremität: 14. Oberarm vom oberen Rumpftheil getrennt nach den Anhaltspunkten: Akromion, unterer Ansatz-

punkt des M. pectoralis major und M. latissimus dorsi; 15. Unterarm; 16. Carpus und Metacarpus; 17. bis 21. 1.—5. Finger.

IV. Untere Extremität: A. Beckengegend mit einer Grenzlinie gegen den unteren Rumpftheil, welche von der Schambeinfuge (Mons Veneris) in der Falte der Schenkelbeuge, über Spina anterior superior, dann am oberen Darmbeinrand, Spina posterior superior und inferior bis zur Steissbeinspitze verläuft: 22. Fossa ileopectinea durch eine Linie von der Spina anterior superior bis zum oberen Rand des Trochanter major getrennt von der 23. Hinterbacke; 24. Damm; 25. Scrotum; 26. Penis. B. 27. Oberschenkel von der Beckengegend getrennt durch eine Linie, welche vom oberen Rand des Trochanter major zum äusseren Punkt des Sulcus infra nates, durch den Sulcus infra nates, dann durch die Grenzfurche gegen den Damm, endlich vom oberen Ansatzpunkt des M. gracilis wieder bis zum oberen Rand des Trochanter major zurückläuft. C. 28. Unterschenkel. D. Fuss: 29. Tarsus und Metatarsus; 30. bis 34. 1.—5. Zehe; 35. Oberfläche der 10 Fingernägel; 36. Oberfläche der 10 Zehennägel.

An sämmtlichen Individuen wurden ausserdem mit dem Centimetermaass folgende Linien gemessen:

I. Länge des Brustbeins oder Entfernung der Incisura jugularis vom Processus ensiformis.

II. Entfernung vom oberen Rand des Processus ensiformis bis zur Schoossfuge. (Gewöhnlich wurde diese Entfernung mit dem Tasterzirkel gemessen.)

III. Entfernung vom Akromion bis zur dritten Fingerspitze.

IV. Entfernung vom oberen Rand des Trochanter major bis zur Fusssohle.

V. Brustperipherie in der mittleren Respirationsstellung dicht oberhalb beider Brustwarzen.

VI. Kopfperipherie oberhalb beider Ohrmuscheln.

(Siehe die betreffenden Werthe im Anhang Tab. I.)

Ebenso wurde bei jedem Individuum das Körpergewicht mit einer genauen Decimalwage bestimmt.

Im Verlauf der Messungen stellte sich eine annähernd constante Beziehung zwischen Oberfläche und Gewicht heraus.

Es erschien daher die Messung des specifischen Gewichts der gemessenen und noch zu messenden Individuen als sehr wünschenswerth, und sie wurde ermöglicht, als Herr Prof. v. Vierordt 2 Volummeter, Cylinder aus Zink mit je einer communicirenden, zur Messung des Wasserstandes im Apparat dienenden, Glasröhre zum Zweck der Volumbestimmung construirt hatte.

Der Volummeter wurde mit angenehm warmem Wasser so weit gefüllt, dass es der Versuchsperson voraussichtlich nach dem Einsteigen bis unter das Kinn reichte. Die Versuchsperson hatte abwechselnd zuerst in stärkster Inspirations-, dann in stärkster Exspirationsstellung oder wenn nicht anders möglich, in willkürlicher Respirationsstellung unterzutauchen. Das Volumen wurde dann berechnet aus dem Unterschied des Wasserstandes vor dem Einsteigen und nach dem Untertauchen. Die vier jüngsten Individuen konnten nicht zu Volumbestimmungen verwendet werden.

In Verbindung mit der Volumbestimmung wurde auch die „Vitalcapacität der Lungen“ oder das „Maximum des Raumwechsels der Lungen“ mit dem Spirometer gemessen. Die absoluten und specifischen Gewichte sind in der Anlage Tab. II enthalten, die nur weniger Bemerkungen bedarf. Die Spirometermessungen geben bekanntlich nur beiläufig brauchbare Werthe an Ungeübten, weil solche die Füllungsgrade des Athmungsorgans nicht gehörig beherrschen können. Deshalb sind auch die Bestimmungen des Volums und specifischen Gewichts des Körpers mit unvermeidbaren Fehlern behaftet.

In Tab. II sind die Werthe der specifischen Gewichte in Verticalrubrik k (Volumbestimmung bei tiefster Inspirationsstellung), wie gefordert wird, erheblich geringer als die l-Werthe (Volumbestimmung bei stärkster Exspirationsstellung), auch liegen die m-Werthe (Volumbestimmung bei mittlerer Füllung des Athemapparats) zwischen den k- und l-Werthen. Aber die Differenz der c- und d-Werthe (s. Rubrik f) ist keineswegs, wie es doch sein müsste, gleich den direct gefundenen Spirometerwerthen (Rubrik g); letztere sind mit nur einer Ausnahme grösser als die f-Werthe, woraus folgt, dass der im Wasser Befindliche dem Thorax nicht die maximale Ausdehnung geben kann. Aus diesem Grund können

die specifischen Gewichte der Rubrik h auch den k-Werthen nicht genau gleich sein. Die specifischen Gewichte der l-Rubrik sind, was sich erwarten liess, ausnahmslos grösser als 1, die der k-Rubrik (mit nur einer Ausnahme) kleiner als 1.

Tab. III enthält die Uebersicht über die Gesammtoberfläche der einzelnen Versuchspersonen. Bei fünf derselben wurden beide Körperseiten ausgemessen; leider mussten die Messungen der linken Seite in einigen Fällen ziemlich später als die der rechten vorgenommen werden, wodurch die Vergleichbarkeit unter Umständen etwas gestört wird. Rubrik k der Tab. III zeigt übrigens, dass wir bei unseren später anzustellenden Betrachtungen dem Körpervolumen ohne Anstand das Körpergewicht substituiren können, indem die Differenzen der specifischen Gewichte bei den Einzelindividuen unerheblich sind. Nach Tab. III nimmt das Körperareal im Verlauf des Wachsthums immer mehr zu, während es bei den Erwachsenen mit dem Körpergewicht steigt und fällt.

In Tab. IV und V gebe ich die Areale der einzelnen homologen Hautgegenden. Am bequemsten ist die vergleichende Uebersicht über das Flächenwachsthum von homologen Einzelgegenden, wenn wir die betreffenden Werthe des Neugeborenen = 1000 setzen (s. Tab. VI und die graphische Darstellung Taf. V).

Tab. VII und VIII giebt für sämmtliche rechtsseitige und linksseitige Messungen die relativen Areale der Einzelbezirke, wobei das zugehörige Gesammtareal zu 1000 angenommen wird. Zur besseren Uebersicht solcher Verhältnisse von der Oberfläche einer Abtheilung zur Gesammtoberfläche vergleichen wir sie in Tab. IX mit dem entsprechenden Verhältniss beim Neugeborenen.

Die Zahlen der Tab. IV bis IX sind so übersichtlich dargelegt, dass ich auf eine nähere Erörterung verzichte, wozu mich auch Rücksichten auf Raumersparniss zwingen.

Ich wende mich nun zur Hauptsache: der gesetzmässigen Abhängigkeit der Körperoberfläche vom Gewicht (Volumen) des Körpers.

Für ähnliche Körper existiren bekanntlich mathematische Beziehungen zwischen ihren homologen Dimensionen einerseits und den Oberflächen und Volumina andererseits.

Bedeuten O, O' die Oberflächen, V, V' die Volumina zweier ähnlicher Körper von irgend welcher Form und sind l, l' zwei homologe Dimensionen derselben, so hat man die Proportionen:

$$O : O' = l^2 : l'^2$$
$$V : V' = l^3 : l'^3.$$

Hieraus folgt:

$$\sqrt{O} : \sqrt{O'} = \sqrt[3]{V} : \sqrt[3]{V'}$$

oder
$$O : O' = V^{\frac{2}{3}} : V'^{\frac{2}{3}} = \frac{V}{\sqrt[3]{V}} : \frac{V'}{\sqrt[3]{V'}},$$

so dass also die Grösse $\frac{O}{V^{\frac{2}{3}}} = \frac{O\sqrt[3]{V}}{V}$ einen für die in Betracht gezogene Form constanten Werth k hat[1]).

Bestehen die Körper aus demselben Stoff, so verhalten sich ihre Gewichte G, G' wie ihre Volumina V, V', und man hat daher auch $O : O' = \frac{G}{\sqrt[3]{G}} : \frac{G'}{\sqrt[3]{G'}}$; es ist daher $\frac{O \cdot \sqrt[3]{G}}{G}$ ebenfalls eine Constante.

---

1) So erhält man z. B. bei folgenden verschiedenen Körperformen verschiedene Zahlen für das Verhältniss $\frac{O\sqrt[3]{V}}{V} = \frac{O}{\sqrt[3/2]{V}}$:

Körperform	$\frac{O}{\sqrt[3/2]{V}}$	Berechnete Zahl
I. Kugel	$\frac{4r^2\pi}{\sqrt[3/2]{\frac{4}{3}r^3\pi}} = \sqrt[3]{36\pi}$	4,836
II. Reguläres Ikosaëder	$\frac{5k^2\sqrt{3}}{\sqrt[3/2]{\frac{5k^3(3+\sqrt{5})}{12}}}$	5,1484
III. Reguläres Dodekaëder	$\frac{3k^2\sqrt{5(5+2\sqrt{5})}}{\sqrt[3/2]{\frac{k^3(15+7\sqrt{5})}{4}}}$	5,3116

Eine solche constante Beziehung zwischen Oberfläche und Volumen existirt auch bei unähnlichen Körpern, da z. B. mit Ausnahme der Kugel sich aus jedem Körper von bestimmtem Volumen und bestimmter Oberfläche eine Menge einander unähnlicher Körper sich herstellen lässt, ohne dass sich der Werth ihres Volumens und ihrer Oberfläche veränderte[1]).

Vergleichen wir die durchschnittlichen Körperstaturen in den einzelnen Altersklassen der Wachsthumsperiode und der Erwachsenen, sowie bei verschiedenen Individuen derselben Altersklasse, so stellen sich erhebliche Unähnlichkeiten heraus:

Körperform	$\frac{O}{\sqrt[3/2]{V}}$	Berechnete Zahl
IV. Würfel	$\frac{6k^2}{\sqrt[3/2]{k^3}}$	6
V. Reguläres Octaëder	$\frac{2k^2\sqrt{3}}{\sqrt[3/2]{\frac{k^3}{3}\sqrt{2}}} = \frac{2\sqrt{3}}{\sqrt[3]{\frac{2}{9}}}$	7,1944
VI. Reguläres Tetraëder	$\frac{k^2\sqrt{3}}{\sqrt[3/2]{\frac{k^3}{12}\sqrt{2}}} = 6\sqrt[6]{3}$	7,2056

---

1) Ein solches Verhältniss $\frac{O\sqrt[3]{V}}{V} = \frac{O}{\sqrt[3/2]{V}} = 6{,}1184$ kommt z. B. heraus:

1. bei einem Cylinder, dessen Halbmesser $= 50$ cm und dessen Höhe $h = 40$ cm beträgt: $\frac{2r\pi h + 2r^2\pi}{\sqrt[3/2]{r^2\pi h}} = \frac{9000\pi}{\sqrt[3/2]{10000\pi}} = 6{,}1184$

2. bei einem Kegel, dessen Grundflächenhalbmesser $r = 50$ cm und dessen Höhe $h' = 120$ cm beträgt: $\frac{\pi r(r + \sqrt{h'^2 + r^2})}{\sqrt[3/2]{\frac{h' r^2 \pi}{3}}} = 6{,}1184$

3. bei einem Wulst oder Ring, wenn der Halbmesser r des erzeugenden Kreises $\frac{200}{9} = 22{,}222\ldots$ cm, die senkrechte Entfernung des Kreismittelpunktes von der Achse $R = 32{,}229$ cm beträgt: $\frac{2\pi r \cdot 2\pi R}{\sqrt[3/2]{\pi r^2 \cdot 2\pi R}} = 6{,}1184$

u. s. w.

Nach einer hier weggelassenen Berechnung aus Tab. I und Tab. V bestätigt sich der alte Satz: „dass die Dimensionen in der Längsrichtung des Körpers stärker zunehmen als die Dimensionen in den dazu senkrechten Richtungen.“

Ferner bietet der Neugeborene mit seinem dicken Kopf und seinen kurzen Beinen eine vom Erwachsenen beträchtliche Abweichung der Statur dar.

Die Gewichte des menschlichen Körpers verhalten sich nach Hutchinson nicht wie die dritten, sondern bloss wie die 2,7. Potenzen, nach Quetelet sogar nur wie die zweiten Potenzen der Körperlängen. Ausserdem ist nach der Zusammenstellung der Tab. X in der Physiologie des Kindesalters von Prof. Dr. v. Vierordt „das relative Längswachsthum von Einzeltheilen“ ein sehr verschiedenes.

Im Allgemeinen verhalten sich also Volumina von verschiedenaltrigen Menschen nicht wie die dritten Potenzen homologer Linien.

Aus der Rubrik *k* unserer Tab. III geht nun hervor, dass bei sämmtlichen normal gebauten Individuen, unabhängig von Alter, Körperstatur und Constitution, zwischen Körperoberfläche und Körpergewicht constante Beziehungen stattfinden.

Die Constante $\frac{O \sqrt[3]{G}}{G}$ (O = Areal der Haut, G = Körpergewicht) zeigt bis ins 9. Lebensjahr (5 Individuen) nur geringe Abweichungen; später nimmt sie einen etwas höheren Werth an, um im Erwachsenen, wie es scheint, wieder etwas zu sinken. In Taf. VI sind die Werthe der Constanten graphisch verzeichnet. Der durchschnittliche Werth ist 12,312.

Besonders praktisch ist diese annähernd constante Zahl $12{,}3 = \frac{O \sqrt[3]{G}}{G}$ für die Berechnung der Gesammtoberfläche irgend eines Individuums. Man bestimmt zunächst das Körpergewicht x. Findet man dies $= a$ Gramm, so ergiebt sich die Gesammtoberfläche in Quadratcentimetern $=$ Konstante Zahl (12,3) $\times \sqrt[\frac{3}{2}]{a}$. Ist das Körpergewicht $= 60000^g$, so hat man für die Gesammtoberfläche den

Es finden also beim Wachsthum, speciell bei der Flächenentwicklung unserer Haut, Compensationen statt von so eingreifender Art, dass die unähnlichen Leiber sonst normal gebauter Individuen immer annähernd dasselbe Verhältniss zwischen Körperoberfläche und der dritten Wurzel aus dem Quadrat des Gewichts haben.

Die obere Extremität sammt dem oberen Rumpftheil nehmen durchschnittlich je ein Drittel der Gesammtoberfläche ein, wogegen Kopf, Hals, unterer Rumpftheil und untere Extremität zusammen zwei Drittel betragen. Die Rubriken c und g der folgenden Tabelle zeigen, dass bei den Einzelindividuen die Abweichungen von den genannten annähernden Durchschnittswerthen nicht erheblich sind.

Verhältnisse der Flächentheile zur Gesammtoberfläche der zugehörigen Seite.

	Individuum	a	b	c	d	e	f	g	h
		Obere Extremität	Oberer Rumpftheil	Summe = a + b	Kopf und Hals	Unterer Rumpftheil	Untere Extremität	Summe = d + e + f	Summe = c + g
Rechte Seite	Neugeborenes Kind von 6 Tagen	0,205	0,130	0,334	0,231	0,137	0,297	0,666	1
Rechte Seite	P. Nagel 6,5 Monate	0,176	0,128	0,304	0,221	0,108	0,368	0,696	1
Rechte Seite	R. Brotbeck 1 J. 2,5 M.	0,184	0,135	0,319	0,201	0,103	0,377	0,681	1
Rechte Seite	J. Bölzle 2 3/4 Jahr	0,171	0,136	0,306	0,186	0,107	0,400	0,694	1
Rechte Seite	Ad. Bölzle 6 J. 8,5 M.	0,178	0,168	0,346	0,169	0,067	0,418	0,654	1
Rechte Seite	K. Bölzle 9 J. 1,8 M.	0,180	0,154	0,334	0,159	0,072	0,436	0,666	1
Rechte Seite	Pistorius 9 J. 10 M.	0,175	0,148	0,323	0,153	0,079	0,444	0,677	1
Linke Seite	"	0,168	0,166	0,335	0,162	0,076	0,427	0,665	1
Rechte Seite	Hagenlocher 13 1/8 Jahr	0,172	0,158	0,331	0,130	0,072	0,468	0,669	1

	Individuum	a Obere Extremität	b Oberer Rumpftheil	c Summe = a + b	d Kopf und Hals	e Unterer Rumpftheil	f Untere Extremität	g Summe = d + e + f	h Summe = c + g
Rechte Seite	Kürner 15 J. 9 2/3 M.	0,187	0,150	0,337	0,112	0,065	0,486	0,663	1
Rechte Seite	F. Brotbeck 17 3/4 Jahre	0,226	0,168	0,394	0,107	0,050	0,449	0,606	1
Rechte Seite	Naser 20 J. 7 M.	0,175	0,164	0,340	0,109	0,061	0,491	0,660	1
Rechte Seite	F. Haug 26 J. 3 1/2 M.	0,199	0,157	0,356	0,104	0,066	0,474	0,644	1
Linke Seite	"	0,192	0,154	0,346	0,100	0,067	0,487	0,654	1
Rechte Seite	Kehrer beinahe 36 J.	0,178	0,183	0,361	0,112	0,080	0,447	0,639	1
Rechte Seite	Schneck 36 J. 3 2/3 M.	0,177	0,154	0,331	0,122	0,061	0,486	0,669	1
Linke Seite	"	0,178	0,164	0,342	0,124	0,062	0,473	0,658	1
Rechte Seite	Nagel 45 J. 7 1/2 M.	0,198	0,162	0,361	0,113	0,055	0,471	0,639	1
Linke Seite	"	0,185	0,157	0,342	0,125	0,054	0,478	0,658	1
Rechte Seite	Forstbauer 66 J. 2 Mon.	0,192	0,158	0,350	0,107	0,059	0,485	0,650	1
Linke Seite	"	0,190	0,137	0,327	0,106	0,060	0,507	0,673	1

Zu diesem Zusammenfassen von oberer Extremität und oberem Rumpftheil im Gegensatz zu den übrigen Hautbezirken bin ich nicht etwa durch willkürliche Combinationsversuche gekommen, sondern durch bestimmte Hypothesen über die mechanischen Bedingungen der Ernährung der einzelnen Körpertheile. Um aber Hypothesen und Theorien nicht mit dem Thatsächlichen zu vermengen, verzichte ich vorläufig auf die weiteren theoretischen Ausführungen und die in dieser Beziehung angestellten Berechnungen.

Tabelle

Messung von

a	b	c	d	e
Individuum	Beschäftigung	Alter	Besondere Eigen-schaften	Gesammt-länge
Neugeborenes Kind		6 Tage	gut proportionirt	50 cm
Paul Nagel		6,5 Monate	kräftig	66
R. Brotbeck		1 Jahr 2,5 M.	kräftig	74
J. Bölzle		2 3/4 J.	ausserordentlich kräftig, aber weniger gut proportionirt	82
A. Bölzle		6 J. 8,5 M.	weniger kräftig	102
C. Bölzle		9 J. 1,8 M.	schlank	112
Pistorius		9 J. 10 M.	schmächtig, aber gut proportionirt	114,5
Hagenlocher		13 1/8 J.	mässig kräftig	137,5
Kürner	Weingärtner	15 J. 9 2/3 M.	muskulös	152
Fr. Brotbeck	Weingärtner	17 3/4 J.	sehr kräftig und muskulös	169
Naser	Stud. theol.	20 J. 7 M.	etwas mager, aber gut proportionirt	170
Fr. Haug	Weingärtner	26 J. 3,5 M.	kräftig	162
Kehrer	Weingärtner	beinahe 36 J.	corpulent, linkshändig	171
Schneck	Schneider	36 J. 3 2/3 M.	sehr mager	158
Nagel	Diener im physiologischen Institut	45 J. 7,5 M.	etwas mager	160
F rstbauer	früher Küfer und Bierbrauer	66 J. 2 M.	noch sehr kräftig, linkshändig	172

I.

homologen Linien.

f	g	h	i	k	l	m
Entfernung vom Akromion bis zur 3. Fingerspitze	Entfernung vom Trochanter major bis zur Fusssohle	Länge des Brustbeins	Entfernung vom Processus ensiformis bis zur Schooss-fuge	Kopf-peripherie	Brust-peripherie	Becken-peripherie
21 cm	22 cm	5 cm	14 cm	33,5 cm	32 cm	—
25	30	8	13	40	41	—
27	33	8	20	44	46	—
32	38	8	24	46	50	—
41	47	11	23	50	54	—
44	56	10	27	51	55	—
47	58	10,5	26,5	50	57	—
56	71	12,5	30	51	65	—
65	88	15	33	52	78	—
72	92	15	33	55	87	—
71	92	16	43	58	88	—
75	88	15	38	55	91	82 cm
74	90	20	32	56	103	99
r. 72 l. 70 cm	r. 85 l. 84 cm	16	35	55	91	76,5
70	87	17	31	56	88	81
r. 79 l. 77	r. 103 l. 106	16	30	57	88	88

Tabelle II.

Bestimmungen des specifischen Gewichts.

Die Körpergewichte, welche bei jeder Volummessung bestimmt wurden, sind bei den 9 ersten Individuen verschieden von den Körpergewichten, wie sie nach Tab. III bei der entsprechenden früheren Oberflächenmessung bestimmt wurden.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k	l	m	n
Individuum	Körpergewicht	Volumen des Gesammtkörpers bei tiefster Inspiration	Volumen des Gesammtkörpers bei stärkster Exspiration	Volumen des Gesammtkörpers in willkürlicher Athmungsstellung	Unterschied = c — d	Vitalcapacität der Lungen nach dem Spirometer	Specifisches Gewicht $= \frac{b}{d+g}$	Specifisches Gewicht $= \frac{b}{e+g}$	Specifisches Gewicht $= \frac{b}{c}$	Specifisches Gewicht $= \frac{b}{d}$	Specifisches Gewicht $= \frac{b}{e}$	Bemerkungen
A. Bölzle	17500 g	—	—	17627,78 ccm	— ccm	750,68 ccm	—	0,95210	—	—	0,99275	Das Volumen wurde erst spät nach Messung der Oberfläche bestimmt.
C. Bölzle	19250	19824,06 ccm	19163,045 ccm	19691.86	661,016	1044,04	0,95264	—	0,97105	1,004538	0,97756	
Pistorius	20625	—	—	20623,67	—	971,2	—	0,95508	—	—	1,000006	
Hagenlocher	29844	28180,96	26587,29	27650,4	1593,66	1748,16	1,0532	—	1,0592	1,122491	1,07938	
Kürner	44000	45232,38	42951,48	43711,78	2280,90	2622,24	0,96547	—	0,97276	1,02441	1,0066	
Fr. Brotbeck	59125	59635,76	57366,46	59005,46	2269,3	4103,32	0,96186	—	0,99143	1,03065	1,00203	
Naser	61000	62647,24	60209,51	—	2437,73	4370,4	0,94457	—	0,9737	1,01313	—	
Haug	62250	63223,38	60737,74	—	2773,5	2889,32	0,9846	—	0,98461	1,03049	—	
Kehrer	75750	78207,86	74678,56	—	2485,64	—	0,96718	—	0,96857	1,024898	—	
Schneck	50000	52162,88	49248,48	—	3529,3	3642	0,97121	—	0,95854	1,05727	—	
Nagel	51800	53040,98	50267,48	52284,58	2914,4	2233,76	0,97426	—	0,9766	1,01526	0,99073	Das Volumen wurde sogleich nach der Messung der Oberfläche bestimmt.
Forstbauer	65500	—	—	61553,34	—	2306,6	—	1,0257	—	—	1,0641	

Tabelle III.

Vergleichung der dem Werth 12,31 nahe kommenden Charakterzahl $\frac{O \cdot \sqrt[3]{G}}{G}$ mit dem specifischen Gewicht.

Das specifische Gewicht = absolutes Gewicht des Gesammtkörpers: Volumen des Gesammtkörpers bei der stärksten Exspiration + Maximum des Raumwechsels in den Lungen.

a	b	c	d	e	f	g	h	i	k
Individuum	Alter	Körperoberfläche der rechten Seite	Körperoberfläche der linken Seite	Gesammtoberfläche $= 2 \times c$	Gesammtoberfläche $= c + d$	Gewicht des Gesammtkörpers	Charakterzahl $= \frac{e}{g} \times \sqrt[3]{g}$	Charakterzahl $= \frac{f}{g} \times \sqrt[3]{g}$	Specifisches Gewicht
Neugeborenes Kind	6 Tage	1252,41 qcm	qcm	2504,8 qcm	qcm	3020 g	11,9886		
P. Nagel	6,5 Monate	2110,80		4221,6		6766	11,801		
R. Brotbeck	1 Jahr 2,5 M.	2672,49		5345		9514	11,9044		
J. Bölzle	2 3/4 Jahr	3139,26		6278,52		13594	11,0228		
A. Bölzle	6 J. 8,5 M.	4009,12		8018,2		17500	11,8954		
C. Bölzle	9 J. 1,8 M.	4273,35		8546,7		18750	12,1096		0,95264
Pistorius	9 J. 10 M.	4397,94	4456,745	8795,88	8854,685	19313	12,2193	12,301	
Hagenlocher	13 1/8 Jahr	5941,56		11883,1		28300	12,7959		1,0532
Kürner	15 J. 9 2/3 M.	7094,23		14988,5		35375	13,1665		0,96547
Fr. Brotbeck	17 3/4 Jahr	9602,76		19205,5		55750	13,1602		0,96186
Naser	20 J. 7 M.	9347,63		18695,3		59500	12,2665		0,94457
Fr. Haug	26 J. 3,5 M.	9429,81	9774,50	18859,62	19204,31	62250	12,00713	12,2266	0,9846
Kehrer	beinahe 36 J.	11217,46		22434,92		78250	12,26314	12,8312	0,96718
Schneck	36 J. 3 2/3 M.	8793,69	8621,00	17587,38	17414,69	50000	12,9585	13,0753	0,97121
Nagel	45 J. 7,5 M.	8996,745	9160,855	17993,49	18157,6	51750	12,95712	13,0753	0,97426
Forstbauer	66 J. 2 M.	10140,735	10030,935	20281,47	20171,67	65500	12,48165	12,41405	

Tabelle

Messung von homologen Unterabtheilungen der

Körpertheil	Neugeborenes Kind	Paul Nagel	R. Brotbeck	J. Bölzle	Ad. Bölzle	C. Bölzle	Pistorius		Hagenlocher	Kürner
	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Rechte Seite
I. Finger . . .	7	10,27	13,81	16,25	20,11	19,57	24,45	18,37	29,40	37,49
II. Finger . . .	8	11,95	12,96	16,16	22,50	24,17	26,5	24,57	32,05	43,68
III. Finger . . .	8,3	13,15	16,52	19,41	23,88	26,06	28,21	27,97	33,68	46,21
IV. Finger . . .	7,1	11,87	14,39	17,82	20,51	22,30	28,16	23,8	29,93	43,1
V. Finger . . .	6	8,72	10,76	13,55	16,77	16,81	19,45	17,10	24,76	30,95
Metacarpus und Carpus	31,26	54,1	80,74	83,23	85,30	110,99	116,04	127,40	153,74	201,33
Unterarm	77,62	117,10	171,47	170,08	245,89	255,24	232,67	232,765	321,58	441,02
Oberarm	110,93	143,89	171,1	199,13	278,4	292,29	296,04	277,59	399,41	485,42
Nacken	19,96	27,99	36,47	57,29	68,01	62,32	88,87	88,52	67,07	81,14
Oberes Halsdreieck	19,78	20,06	18,17	39,29	32,92	39,89	29,85	37,41	50,07	35,07
Unteres Halsdreieck	22,52	31,28	42,9	41,08	53,18	43,54	51,1	72,83	62,66	114,97
Untere Unterkieferseite	16,33	28,40	23,76	23,64	32,65	30,43	29,71	24,11	33,22	40,63
Behaarter Theil des Kopfes	128,23	198,98	227,49	263,95	309,18	305,71	271,17	305,99	351,28	329,90
Stirne und Schläfe	21,99	51,87	52,47	39,17	51,81	43,35	45,95	48,58	40,91	35,30
Nase	3,48	6,38	6,76	7,77	7,99	9,00	8,56	8,94	10,51	11,22
Ohrgegend . . .	4,07	5,07	7,01	9,32	8,29	10,80	15,83	9,81	12,73	9,68
Ohrmuschel . . .	25,84	35,25	60,81	31,83	44,42	43,61	54,40	49,00	60,21	43,70
Auge	5,58	9,96	6,89	6,27	6,92	8,9	10,74	7,58	9,10	9,18
Uebriger Theil des Gesichts . . .	21,90	50,41	54,72	64,82	62,46	81,11	68,75	69,23	74,69	85,30
Oberer Rumpftheil	162,69	270,27	359,97	426,47	673,31	658,64	650,53	741,74	941,05	1062,12
Unterer Rumpftheil	172,11	227,84	275,12	336,20	269,37	305,95	349,63	338,9	425,01	460,13
Fossa ileopectinea	7,35	25,37	21,06	25,64	34,43	36,30	57,04	49,16	64,50	55,71
Hinterbacke . .	31,74	93,17	133,83	230,87	233,79	241,97	252,94	203,43	283,04	407,25
Damm	5,44	13,34	7,38	9,18	18,48	12,07	17,23	10,29	10,36	21,66
Scrotum	13,63	17,79	18,98	32,93	17,04	17,70	18,64	17,47	26,84	53,80
Penis	3	6,5	5,5	8	7,5	8	9	9	14	30
Oberschenkel . .	120,79	289,75	368,97	398,93	633,62	713,35	760,53	759,38	1110,30	1366,31
Unterschenkel . .	107,28	193,13	273,67	329,08	453,84	517,59	495,2	508,97	792,77	1019,75
Metatarsus u. Tarsus	64,51	107,58	135,43	177,20	219,13	254,03	269,95	269,21	371,94	377,14
Zehe I	7,13	9,01	13,21	16,5	21,96	20,30	24,79	27,5	35,45	39,23
Zehe II	3,09	5,81	8,5	7,21	12,47	12,85	13,70	18,04	19,63	22,36
Zehe III	2,22	5,10	6,91	7,70	7,72	11,75	11,87	12,56	16,10	18,36
Zehe IV	3,03	4,36	6,33	7,82	7,49	8,86	10,56	10,76	19,24	18,88
Zehe V	2,51	5,08	8,43	5,47	7,78	7,9	9,87	8,77	14,33	16,24

IV.

Gesammtoberfläche nach Quadratcentimetern.

Fr. Brotbeck	Naser	Haug		Kehrer	Schneck		Nagel		Forstbauer	
Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Linke Seite
40,49	36,96	40,17	40,70	48,665	37,22	36,63	42,735	45,18	52,225	54,795
52,92	49,36	51,07	47,77	59,10	53,71	50,875	59,70	55,56	60,17	62,63
58,00	53,24	57,185	56,99	65,615	54,66	55,405	61,64	58,63	69,93	69,34
51,99	43,65	49,89	45,89	57,49	51,87	46,69	50,33	52,25	51,595	55,135
38,52	28,25	37,78	37,755	41,64	35,425	34,59	42,90	39,965	47,335	46,85
250,87	253,91	243,65	284,955	265,95	233,545	233,44	237,74	234,64	264,02	299,265
767,17	549,92	580,91	636,355	678,59	470,20	474,43	530,70	550,13	594,03	574,265
911,29	625,04	820,46	726,205	781,555	621,60	600,31	757,63	661,45	806,645	747,68
144,42	106,29	105,15	117,34	186,33	198,31	171,27	107,58	168,405	164,92	170,94
46,58	123,48	67,50	64,92	104,375	64,00	60,59	54,29	52,11	67,08	44,375
108,43	67,90	101,75	110,075	165,92	112,35	131,625	152,60	119,14	131,58	102,395
30,90	40,50	41,00	54,15	80,70	76,50	78,89	54,21	117,255	42,12	57,12
394,47	403,23	451,155	412,765	416,37	391,96	392,91	395,55	350,39	362,665	347,59
44,53	79,05	56,24	52,80	53,33	42,34	43,80	57,64	55,44	63,69	114,41
13,87	12,90	15,375	14,355	20,17	14,54	14,935	12,97	15,84	18,45	21,95
12,95	13,20	6,66	7,37	9,615	9,12	13,40	8,885	8,91	16,28	10,26
49,81	42,95	36,375	41,05	65,04	49,27	48,84	47,89	42,54	74,005	67,64
12,90	9,01	7,99	9,52	21,825	11,80	13,00	14,105	17,225	16,88	15,06
168,57	118,18	92,00	97,265	136,715	101,84	96,99	107,95	199,825	124,54	110,995
1616,18	1536,74	1476,615	1506,86	2049,075	1352,89	1417,53	1461,01	1439,67	1599,50	1373,26
478,93	568,63	619,96	653,79	892,57	534,80	530,995	498,845	499,035	599,19	597,015
96,85	63,03	102,90	104,41	201,21	100,44	125,19	82,875	110,00	143,22	165,215
437,38	638,67	575,755	822,99	692,425	388,555	490,445	532,67	525,23	765,085	628,08
14,40	16,49	23,92	22,32	24,30	14,30	16,35	20,46	18,90	46,15	42,90
68,70	41,60	121,60	90,85	109,89	73,72	68,745	80,50	104,425	102,735	93,575
32	36	37	37	38	32,5	32,5	30	30	28	28
1733,84	1643,50	1833,06	1921,04	2012,545	1883,365	1593,725	1738,685	1475,53	1753,275	1886,675
1226,38	1477,49	1078,28	1131,285	1269,195	1165,06	1041,295	1133,705	1388,36	1310,965	1447,05
543,07	525,85	540,505	489,84	524,625	460,70	543,125	473,165	577,88	585,465	627,37
48,18	47,77	50,50	48,73	52,895	52,66	60,57	49,645	47,84	62,07	57,49
33,90	28,10	37,87	29,55	30,54	34,84	31,065	27,41	28,61	36,76	31,785
26,82	22,58	25,35	20,35	21,475	29,19	25,72	24,40	24,54	31,47	31,93
27,09	22,42	24,735	20,925	19,95	18,34	22,825	22,40	23,635	24,59	24,15
20,36	21,74	19,45	16,53	19,77	22,07	22,30	23,93	22,315	24,10	23,745

Tabelle

Messung von homologen Unterabtheilungen der

(Fortsetzung

	Neu-geborenes Kind	Paul Nagel	R. Brotbeck	J. Bölzle	Ad. Bölzle	C. Bölzle	Pistorius		Hagenlocher	Kürner
	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Rechte Seite
Oberfläche der 10 Fingernägel .	1,43	3,35	—	4,51	5,37	6,16	7,68		12,93	12,78
Oberfläche der 10 Zehennägel . . .	0,75	2,03	—	3,91	4,32	4,25	6,2		7,82	8,27
Oberfläche der 5 Finger	36,40	56,05	67,44	83,19	103,77	108,91	126,77	111,81	149,82	201,43
Hand . . .	67,66	110,06	149,18	166,42	189,07	219,90	242,82	239,21	303,56	402,76
Beckengegend . .	61,16	156,17	186,75	306,62	311,24	316,04	354,85	289,35	398,74	568,42
Fuss . . .	82,49	136,94	178,81	221,90	276,55	315,69	340,74	346,84	476,69	492,21
Oberfläche der 5 Zehen	17,98	29,36	43,38	44,70	57,42	61,66	70,79	77,63	104,75	115,07
Kopf . . .	227,42	386,32	439,91	446,77	523,72	532,91	505,11	523,24	592,65	564,91
Hals . . .	62,26	79,33	97,54	137,66	154,11	145,75	169,82	198,76	179,80	231,18
Hals und Kopf	289,68	465,65	537,45	584,43	677,83	678,66	674,93	722,00	772,45	796,09
Rumpf . . .	334,80	498,11	635,09	762,67	942,68	964,59	1000,16	1080,64	1366,06	1522,25
Obere Extremität . .	256,21	371,05	491,75	535,63	713,36	767,43	771,53	749,565	1024,55	1329,2
Untere Extremität . .	371,72	775,99	1008,20	1256,53	1675,25	1862,67	1951,32	1904,54	2778,50	3446,69

V.

Gesammtoberfläche nach Quadratcentimetern.

von Tab. IV.)

F. Brotbeck	Naser	Haug		Kehrer	Schneck		Nagel		Forstbauer	
Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Linke Seite
15,86	—	15,9		20,29	15,33		18,15		—	
14,13	—	9,24		17,51	14,72		9,39		—	
241,92	211,46	236,095	228,905	272,51	232,88	224,19	257,305	251,585	281,255	288,75
492,79	465,37	479,745	513,86	538,46	466,43	457,63	495,045	486,225	545,275	588,015
649,33	795,79	861,175	1077,57	1065,825	609,515	733,23	746,505	788,555	1085,19	957,77
699,42	668,46	698,41	625,925	669,255	617,80	705,605	620,95	724,82	764,455	796,47
156,35	142,61	157,905	136,085	144,63	157,10	162,48	147,785	146,94	178,99	169,10
728,00	719,02	706,795	689,275	803,765	697,37	702,765	699,20	807,425	718,63	745,025
299,43	297,67	274,40	292,335	456,625	374,66	363,485	314,47	339,655	363,58	317,71
1027,43	1016,69	981,195	981,61	1260,39	1072,03	1066,25	1013,67	1147,08	1082,21	1062,735
2095,11	2105,37	2096,575	2160,65	2941,645	1887,69	1948,525	1959,855	1938,705	2198,69	1970,275
2171,25	1640,33	1881,115	1876,42	1998,605	1558,23	1532,37	1783,375	1697,805	1945,95	1909,96
4308,97	4585,24	4470,925	4755,82	5016,82	4275,74	4073,855	4239,845	4377,265	4913,885	5087,965

Tabelle

Relatives Wachsthum der Oberflächen-

(Aus Tab. V

Körpertheil	Neugeborenes Kind	P. Nagel	R. Brotbeck	J. Bölzle	A. Bölzle	C. Bölzle	Pistorius
	6 Tage	6,5 Mon.	1 Jahr 2,5 Mon.	2¾ Jahr	6 Jahr 8,5 Mon.	9 Jahr 1,8 Mon.	9 Jahr 10 Mon.
Nägel der 10 Finger .	1000	2343	—	3154	3755	4308	5371
Nägel der 10 Zehen . .	1000	2707	—	5213	5760	5667	8267
Kopf . . .	1000	1699	1934	1964	2303	2343	2221
Hals . . .	1000	1274	1567	2211	2475	2341	2728
Oberer Rumpftheil	1000	1661	2213	2621	4139	4048	3998
Unterer Rumpftheil	1000	1324	1599	1953	1565	1778	2031
Oberarm .	1000	1297	1542	1795	2510	2635	2669
Unterarm .	1000	1509	2209	2191	3168	3288	2998
Hand . . .	1000	1627	2205	2460	2794	3250	3589
Beckengegend .	1000	2553	3053	5013	5089	5167	5802
Oberschenkel	1000	2399	3055	3303	5246	5906	6296
Unterschenkel .	1000	1800	2551	3067	4230	4825	4616
Fuss . . .	1000	1660	2168	2690	3353	3827	4140
Kopf u. Hals	1000	1607	1855	2018	2340	2343	2330
Rumpf . .	1000	1488	1897	2278	2816	2881	2987
Obere Extremität . .	1000	1448	1919	2091	2784	2995	3011
Untere Extremität . .	1000	2088	2712	3380	4507	5011	5249
Gesammtoberfläche	1000	1685	2134	2507	3201	3412	3512

VI.

theile der rechten Körperseite.
berechnet.)

Hagenlocher	Kürner	F. Brotbeck	Naser	Haug	Kehrer	Schneck	Nagel	Forstbauer
$13^{1}/_{8}$ J.	15 Jahr $9^{2}/_{3}$ Mon.	$17^{3}/_{4}$ Jahr	20 Jahr 7 Mon.	26 Jahr 3,5 Mon.	beinahe 36 Jahr	36 Jahr $3^{2}/_{3}$ Mon.	45 Jahr 7,5 Mon.	66 Jahr 2 Mon.
9042	8937	11091	—	11119	14189	10721	12693	—
10427	11027	18840	—	12320	23347	19627	12520	—
2606	2484	3201	3162	3108	3534	3066	3075	3160
2888	3713	4809	4781	4407	7334	6018	5051	5840
5784	6528	9934	9446	9076	12595	8316	8980	9832
2469	2673	2783	3304	3602	5186	3107	2898	3481
3601	4376	8215	5635	7396	7046	5604	6830	7272
4143	5682	9884	7085	7484	8742	6058	6837	7653
4487	5953	7283	6878	7091	7958	6894	7317	8059
6520	9294	10617	13012	14081	17427	9966	12206	17760
9192	11311	14354	13606	15176	16661	15592	14394	14515
7390	9505	11432	13772	10051	11830	10860	10568	12220
5778	5967	8479	8104	8467	8113	7489	7528	9267
2667	2748	3547	3512	3387	4351	3701	3499	3735
4080	4547	6258	6288	6262	8786	5638	5854	6567
3999	5188	8474	6402	7342	7801	6082	6961	7595
7475	9272	11592	12335	12028	13496	11503	11406	13219
4744	5664	7685	7464	7529	8957	7021	7184	8097

Tabelle

Verhältniss der Oberfläche einer Abtheilung *o* zur Gesammt-

Körpertheil	Neugeborenes Kind	Paul Nagel	R. Brotbeck	J. Bölzle	Ad. Bölzle	C. Bölzle	Pistorius		Hagenlocher	Kürner
	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Rechte Seite
I. Finger	5,59	4,87	5,17	5,18	5,02	4,58	5,56	4,12	4,95	5,28
II. Finger	6,39	5,66	4,85	5,15	5,61	5,66	6,03	5,51	5,39	6,16
III. Finger	6,63	6,23	6,18	6,18	5,96	6,10	6,41	6,28	5,67	6,51
IV. Finger	5,67	5,62	5,38	5,68	5,12	5,22	6,40	5,34	5,04	6,08
V. Finger	4,79	4,13	4,03	4,32	4,18	3,93	4,42	3,84	4,17	4,36
Metacarpus und Carpus	24,96	25,63	30,21	26,51	21,28	25,97	26,39	28,59	25,88	28,38
Unterarm	61,98	55,48	64,16	54,18	61,33	59,73	52,90	52,23	54,12	62,17
Oberarm	88,57	68,17	64,02	63,43	69,44	68,40	67,31	62,29	67,22	68,42
Nacken	15,94	13,26	13,65	18,25	16,96	14,58	20,21	19,86	11,29	11,44
Oberes Halsdreieck	15,79	9,50	6,80	12,52	8,21	9,33	6,79	8,39	8,43	4,94
Unteres Halsdreieck	17,98	14,82	16,05	13,09	13,26	10,19	11,62	16,34	10,55	16,21
Untere Unterkieferseite	13,04	13,45	8,89	7,53	8,14	7,12	6,76	5,41	5,59	5,73
Behaarter Theil des Kopfes	102,39	94,27	85,12	84,08	77,12	71,54	61,66	68,66	59,12	46,50
Stirne und Schläfe	17,56	24,57	19,63	12,48	12,92	10,14	10,45	10,90	6,89	4,98
Nase	2,78	3,02	2,53	2,48	1,99	2,11	1,95	2,01	1,77	1,58
Ohrgegend	3,25	2,40	2,62	2,97	2,07	2,53	3,60	2,20	2,14	1,36
Ohrmuschel	20,63	16,70	22,75	10,14	11,08	10,21	12,37	10,99	10,13	6,16
Auge	4,46	4,71	2,58	2,00	1,73	2,08	2,44	1,70	1,53	1,29
Uebriger Theil des Gesichts	17,49	23,88	20,48	20,65	15,58	18,98	15,63	15,53	12,57	12,02
Oberer Rumpftheil	129,90	128,04	134,69	135,85	167,94	154,13	147,92	166,43	158,38	149,72
Unterer Rumpftheil	137,42	107,94	102,95	107,10	67,19	71,59	79,50	76,04	71,53	64,86
Fossa ileopectinea	5,87	12,02	7,88	8,17	8,59	8,49	12,97	11,03	10,86	7,85
Hinterbacke	25,34	44,14	50,08	73,54	58,31	56,62	57,51	45,65	47,64	57,41
Damm	4,34	6,32	2,76	2,92	4,61	2,82	3,92	2,31	1,74	3,05
Scrotum	10,88	8,43	7,10	10,49	4,25	4,14	4,24	3,92	4,52	7,58
Penis	2,40	3,08	2,06	2,55	1,87	1,87	2,05	2,01	2,36	4,23
Oberschenkel	96,45	137,27	138,06	127,08	158,04	166,93	172,93	170,39	186,87	192,59
Unterschenkel	85,66	91,50	102,40	104,83	113,20	121,12	112,60	114,20	133,43	143,74
Metatarsus u. Tarsus	51,51	50,96	50,68	56,45	54,66	59,45	61,38	60,41	62,60	53,16
Zehe I	5,69	4,27	4,94	5,26	5,48	4,75	5,64	6,17	5,97	5,53
Zehe II	2,47	2,75	3,18	2,30	3,11	3,01	3,12	4,05	3,30	3,15
Zehe III	1,77	2,42	2,59	2,45	1,93	2,75	2,70	2,82	2,71	2,59
Zehe IV	2,42	2,07	2,37	2,49	1,87	2,07	2,40	2,41	3,24	2,66
Zehe V	2,00	2,41	3,15	1,74	1,94	1,85	2,24	1,97	2,41	2,29

VII.

oberfläche $O = \frac{o}{O}$ die Gesammtoberfläche $(O) = 1000$ gesetzt.

F. Brotbeck	Naser	Haug		Kehrer	Schneck		Nagel		Forstbauer	
Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Linke Seite
4,22	3,95	4,26	4,16	4,34	4,23	4,25	4,75	4,93	5,15	5,46
5,51	5,28	5,42	4,89	5,27	6,11	5,90	6,64	6,06	5,93	6,24
6,04	5,70	6,06	5,83	5,85	6,22	6,43	6,85	6,40	6,90	6,91
5,41	4,67	5,29	4,70	5,12	5,90	5,42	5,59	5,70	5,09	5,50
4,01	3,02	4,01	3,84	3,71	4,03	4,01	4,77	4,36	4,67	4,67
26,12	27,16	25,84	29,15	23,71	26,56	27,08	26,43	25,61	26,04	29,83
79,89	58,83	61,60	65,10	60,49	53,47	55,03	58,99	60,05	58,58	57,25
94,90	66,87	87,01	74,30	69,67	70,69	69,63	84,21	72,20	79,54	74,54
15,04	11,37	11,15	12,00	16,61	22,55	19,87	11,96	18,38	16,26	17,04
4,85	13,21	7,16	6,64	9,30	7,28	7,03	6,03	5,69	6,61	4,42
11,29	7,26	10,79	11,26	14,79	12,78	15,27	16,96	13,00	12,98	10,21
3,22	4,33	4,35	5,54	7,19	8,70	9,15	6,03	12,80	4,15	5,69
41,08	43,14	47,84	42,23	37,12	44,57	45,58	43,97	38,25	35,76	34,65
4,64	8,46	5,96	5,40	4,75	4,81	5,08	6,41	6,05	6,28	11,40
1,44	1,38	1,63	1,47	1,80	1,65	1,73	1,44	1,73	1,82	2,19
1,35	1,41	0,71	0,75	0,86	1,04	1,55	0,99	0,97	1,61	1,02
5,19	4,59	3,86	4,20	5,80	5,60	5,67	5,32	4,64	7,30	6,74
1,34	0,96	0,85	0,97	1,95	1,34	1,51	1,57	1,88	1,66	1,50
17,55	12,64	9,76	9,95	12,19	11,58	11,25	12,00	21,81	12,28	11,06
168,30	164,40	156,59	154,16	182,67	153,85	164,43	162,39	157,15	157,73	136,90
49,87	60,83	65,74	66,89	79,57	60,82	61,59	55,45	54,47	59,09	59,52
10,09	6,74	10,91	10,68	17,94	11,42	14,52	9,21	12,01	14,12	16,47
45,55	68,32	61,06	84,20	61,73	44,19	56,89	59,21	57,83	75,45	62,61
1,50	1,76	2,54	2,28	2,17	1,63	1,90	2,27	2,06	4,55	4,28
7,15	4,45	12,90	9,29	9,80	8,38	7,97	8,95	11,40	10,13	9,33
3,33	3,85	3,92	3,79	3,39	3,70	3,77	3,33	3,27	2,76	2,79
180,56	175,82	194,39	196,54	179,41	214,17	184,87	193,26	161,07	172,89	188,09
127,71	158,06	114,35	115,74	113,14	132,49	120,79	126,01	151,55	129,28	144,26
56,55	56,25	56,41	50,11	46,77	52,39	63,00	52,59	63,08	58,64	62,54
5,02	5,11	5,36	4,99	4,72	5,99	7,03	5,52	5,22	6,12	5,73
3,53	3,01	4,02	3,02	2,72	3,96	3,60	3,05	3,12	3,63	3,17
2,79	2,42	2,69	2,08	1,91	3,32	2,98	2,71	2,68	3,10	3,18
2,82	2,40	2,62	2,14	1,78	2,09	2,65	2,49	2,58	2,42	2,41
2,12	2,33	2,06	1,69	1,76	2,51	2,59	2,66	2,44	2,38	2,37

Tabelle

Verhältniss der Oberfläche einer Abtheilung *o* zur Gesammt-

(Fortsetzung

Körpertheil	Neugeborenes Kind	Paul Nagel	R. Brotbeck	J. Bölzle	Ad. Bölzle	C. Bölzle	Pistorius		Hagenlocher
	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite
5 Fingernägel	0,57	0,79	—	0,72	0,67	0,72	0,87	—	1,09
5 Zehennägel	0,30	0,48	—	0,62	0,54	0,50	0,70	—	0,66
5 Finger .	29,06	26,51	25,61	26,50	25,88	25,49	28,82	25,09	25,22
Hand . . .	54,02	52,14	55,82	53,01	47,16	51,46	55,21	53,67	51,09
Beckengegend .	48,83	73,99	69,88	97,67	77,63	73,96	80,69	64,92	67,11
Fuss . . .	65,87	64,88	66,91	70,69	68,98	73,87	77,48	77,82	80,23
5 Zehen . .	14,36	13,91	16,23	14,24	14,32	14,43	16,10	17,42	17,63
Kopf . . .	181,59	183,92	164,61	142,32	130,63	124,71	114,85	117,40	99,75
Hals . . .	49,71	37,58	36,50	43,85	38,44	34,11	38,61	44,60	30,26
Hals u. Kopf	231,30	220,60	201,10	186,17	169,07	158,81	153,47	162,00	130,01
Rumpf . .	267,32	235,98	237,64	242,95	235,13	225,72	227,42	242,47	229,92
Obere Extremität . .	204,57	175,79	184,00	170,62	177,93	179,59	175,43	168,19	172,44
Untere Extremität . .	296,80	367,63	377,25	400,26	417,86	435,88	443,69	427,33	467,64

VIII.

oberfläche $O = \frac{o}{O}$ die Gesammtoberfläche $(O) = 1000$ gesetzt.

von Tab. VII.)

Kürner	F. Brotbeck	Naser	Haug		Kehrer	Schneck		Nagel		Forstbauer	
Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Linke Seite	Rechte Seite	Linke Seite
0,90	0,83	—	0,84	—	0,90	1,74	—	2,02	—	—	—
0,58	0,74	—	0,49	—	0,78	1,67	—	1,04	—	—	—
28,40	25,19	22,62	25,04	23,42	24,29	26,48	26,01	28,60	27,46	27,74	28,79
56,77	51,32	49,78	50,88	52,57	48,00	53,04	53,08	55,03	53,08	53,77	58,62
80,12	67,62	85,13	91,32	110,24	95,01	69,31	85,05	82,97	86,08	107,01	95,48
69,38	72,84	71,51	74,06	64,04	59,66	70,25	81,85	69,02	79,12	75,38	79,40
16,22	16,28	15,26	16,75	13,92	12,89	17,87	28,85	16,42	16,04	17,65	16,86
79,63	75,81	76,92	74,95	70,52	71,65	79,30	81,52	77,72	88,14	70,87	74,27
32,59	31,18	31,84	29,10	29,91	40,71	42,61	42,16	34,95	37,08	35,85	31,67
112,22	106,99	108,76	104,05	100,43	112,36	121,91	123,68	112,67	125,22	106,72	105,95
214,58	218,18	225,23	222,33	221,05	262,24	214,66	226,02	217,84	211,63	216,82	196,42
187,36	226,11	175,48	199,49	191,97	178,17	177,20	177,75	198,22	185,33	191,89	190,41
485,84	448,72	490,52	474,13	486,55	447,23	486,23	472,55	471,26	477,82	484,57	507,23

Tabelle IX.

Vergleichung des Verhältnisses der Oberfläche einer Abtheilung zur Gesammtfläche der rechten Körperseite mit dem entsprechenden Verhältniss (1) beim Neugeborenen.

Körpertheil	Neugeborenes Kind	P. Nagel	R. Brotbeck	J. Bölzle	A. Bölzle	C. Bölzle	Pistorius	Hagenlocher	Kürner	F. Brotbeck	Naser	Haug	Kehrer	Schneck	Nagel	Forstbauer
Kopf . . .	1	1,0079	0,9065	0,7837	0,7194	0,6868	0,6325	0,5493	0,4383	0,5244	0,4236	0,4128	0,3946	0,4367	0,4280	0,3903
Hals . . .	1	0,7560	0,7341	0,8821	0,7732	0,6861	0,7767	0,6087	0,6555	0,6258	0,6406	0,5854	0,8189	0,8571	0,7031	0,7212
Oberer Rumpftheil .	1	0,9857	1,0369	1,0458	1,2929	1,1865	1,1387	1,2193	1,1525	1,2956	1,2656	1,2083	1,4062	1,1844	1,2501	1,2142
Unterer Rumpftheil .	1	0,7855	0,7491	0,7793	0,4889	0,5210	0,5785	0,5205	0,4720	0,3629	0,4427	0,4784	0,5790	0,4425	0,4035	0,4300
Oberarm . .	1	0,7696	0,9100	0,7162	0,7840	0,7722	0,7600	0,7590	0,7725	1,0714	0,7549	0,9823	0,7866	0,7981	0,9508	0,8981
Unterarm .	1	0,8951	1,0352	0,8742	0,9896	0,9637	0,8536	0,8733	1,0030	1,2890	0,9492	0,9940	0,9761	0,8627	0,9740	0,9452
Carpus und Metacarpus	1	1,0268	1,2104	1,0622	0,8524	1,0405	1,0571	1,0367	1,1370	1,0467	1,0883	1,0352	0,9499	1,0640	1,0587	1,0431
5 Finger . .	1	0,9136	0,8683	0,9118	0,8906	0,8769	0,9918	0,8676	0,9769	0,8648	0,7783	0,8616	0,8359	0,9112	0,9840	0,9543
Beckengegend	1	1,5151	1,4310	2,0001	1,5897	1,5154	1,6523	1,3743	1,6370	1,3815	1,7433	1,8701	1,9457	1,4194	1,6992	2,1934
Oberschenkel	1	1,4233	1,4315	1,3176	1,6387	1,7308	1,7930	1,9375	1,9969	1,8721	1,8230	2,0155	1,8602	2,2206	2,0038	1,7927
Unterschenkel	1	1,0681	1,1955	1,2238	1,3216	1,4140	1,3145	1,5577	1,6781	1,4909	1,8453	1,3349	1,3209	1,5467	1,4711	1,5092
Tarsus und Metatarsus .	1	0,9895	0,9838	1,4278	1,0612	1,1541	1,1917	1,2154	1,0321	1,0979	1,0921	1,1128	0,90797	1,0171	1,0211	1,1209
5 Zehen . .	1	0,9689	1,1307	0,9918	0,9976	1,0051	1,1212	1,2280	1,1298	1,1315	1,0627	1,1664	0,8981	1,2444	1,1436	1,2295
Hals u. Kopf	1	0,9538	0,8695	0,8049	0,7310	0,6866	0,6635	0,5621	0,4852	0,4615	0,4706	0,4499	0,4858	0,5271	0,4871	0,4614
Rumpf . .	1	0,8828	0,8890	0,9088	0,8796	0,8444	0,8507	0,8601	0,8027	0,8143	0,8425	0,8317	0,9810	0,8030	0,8149	0,8111
Obere Extremität . .	1	0,8593	0,8995	0,8340	0,8698	0,8779	0,8575	0,8429	0,9159	1,1027	0,8578	0,9751	0,8709	0,8662	0,9690	0,9380
Untere Extremität . .	1	1,2386	1,2710	1,3486	1,4079	1,4686	1,4949	1,5756	1,6369	1,5084	1,6527	1,5974	1,5068	1,6382	1,5915	1,6327

Ueber den Eiweissbedarf eines mittleren Arbeiters.

Von

Dr. **Hamilton C. Bowie**
aus San Francisco.

(Aus dem physiologischen Institute zu München.)

Nachdem man, vorzüglich durch die Arbeiten von Prof. Voit, die Bedeutung der einzelnen Nahrungsstoffe für die Ernährung und die Hauptursachen der Zerstörung derselben im Körper näher erkannt hatte, war es wieder von Werth geworden, durch eine genauere Untersuchung der von Menschen aufgenommenen Kost den Bedarf an den einzelnen Nahrungsstoffen unter verschiedenen Verhältnissen festzustellen. Dies ist für eine Anzahl von Fällen durch Prof. Voit, sowie durch seine Schüler Gustav Meyer, Forster, v. Boeck, Hofmann, Schuster, Renk und Rubner geschehen.

Nach den eingehenden Auseinandersetzungen von Prof. Voit ist es klar, dass in Beziehung einer rationellen Ernährung jeder Mensch für sich einen besonderen Fall darstellt. Denn die Grösse der Zersetzung der verschiedenen Stoffe im Organismus und die nöthige Zufuhr richtet sich vorzüglich nach der Masse der stoffzersetzenden Organe, nach ihrer Fähigkeit die Stoffe zu zerstören, nach der Menge des zerstörbaren Materials, nach dem Verhältniss von Eiweiss und Fett im Körper, sowie nach der Arbeitsleistung. Nur selten wird es vorkommen, dass zwei Menschen in allen diesen Momenten ganz gleich sich verhalten und daher bei einer idealen Nahrung ganz die gleiche Zufuhr aller Nahrungsstoffe in der Nahrung nöthig haben.

Man müsste demnach, um einen Menschen für eine gegebene Zusammensetzung des Körpers und eine gegebene Arbeitsleistung

rationell zu ernähren, vorerst eingehende Untersuchungen über sämmtliche Stoffzersetzungen in ihm anstellen, welche lange Zeit in Anspruch nehmen würden.

Aber selbst wenn man für viele einzelne Fälle in dieser Art den Bedarf genau ermittelt hätte, würde sich daraus für die Ernährung einer grösseren Anzahl von Menschen von ganz verschiedener Beschaffenheit doch nur ein annähernder Mittelwerth ableiten lassen, da man in Kasernen, Gefängnissen, Versorgungsanstalten, Kadettenhäusern etc. nicht für jedes Individuum eigens, entsprechend seinen Körperverhältnissen, kochen kann. Man wird daher für solche Anstalten stets nur Mittelzahlen aufstellen können, und wird diese vernünftigerweise so wählen, dass robustere Menschen dabei eben noch zu bestehen vermögen; kleinere mögen dann einen geringen Ueberschuss verzehren oder das Plus unberührt lassen. Man muss z. B. bei Festsetzung der Kost für den Soldaten bedenken, dass ein kleiner, eben tauglicher Mann ganz die gleiche Kost bekömmt wie der grösste und stämmigste, während bei den Pferden der leichten und schweren Reiterei schon längst ein Unterschied in der Hafer- und Heuration gemacht wird. Alle Gefangenen eines Gefängnisses erhalten die gleichen Speiseportionen, gleichgiltig ob es schwächliche, herabgekommene Individuen sind oder grosse kräftige Bauernbursche; soll man die letzteren auf die elendeste Weise umkommen lassen, um ja nicht eine etwas zu hohe Mittelzahl der Nahrungsstoffe zu wählen?

Prof. Voit hat für einen mittleren Arbeiter, d. h. für einen kräftigen jüngeren Mann, der vermöge seines Körperbaues eine mittlere (nicht zu geringe und nicht zu grosse) Arbeit zu leisten vermag und auch leistet, nach einer grösseren Anzahl von Untersuchungen einen Bedarf von 118^g Eiweiss, 56^g Fett und 500^g Kohlehydrate für den Tag aufgestellt, und zwar bei einer gemischten, an Kohlehydraten reicheren Kost. Es konnte ihm nicht in den Sinn kommen, die nämliche Zufuhr für andere, davon verschiedene Fälle zu verlangen. Durch die reichsten Erfahrungen geleitet, hat er mehr als irgend Jemand darauf aufmerksam gemacht, dass die Zufuhr je nach den vorher genannten Bedingungen verschieden sein müsse. Darum hat er auch für den mittleren Ar-

beiter, den Soldaten im Frieden und im Kriege, den nichtarbeitenden und den arbeitenden Gefangenen, den Bewohner von Altersversorgungsanstalten etc., unter Angabe der Gründe, nicht die gleichen, sondern ganz ungleiche Mengen der Nahrungsstoffe festgesetzt.

Geh. Medicinalrath Beneke hat nun in einer Abhandlung: „Zur Ernährungslehre des gesunden Menschen“[1]), nachdem er im Eingange derselben die Bemühungen von Prof. Voit mit Freude begrüsst hatte, allerlei Bedenken und Zweifel gegen die bezüglichen Untersuchungen und Anschauungen desselben geäussert. Er hatte vor 25 Jahren, zu einer Zeit als man mit Erhebungen der Art noch nichts anzufangen wusste, eine „statistische Uebersicht der in den Hauptverpflegungsanstalten Londons vorschriftsmässig eingehaltenen Diäten“ veröffentlicht und ferner vor 24 Jahren eine Versuchsreihe an sich selbst gemacht, bei der die genossenen Nahrungsmittel gewogen, sowie der im Harn entleerte Harnstoff und die Menge des Kothes bestimmt worden waren. Aus den dabei verzehrten Nahrungsmitteln berechnete er[2]) nun jetzt nachträglich die im Tag aufgenommenen Nahrungsstoffe nach den von Prof. Voit angegebenen Werthen. Dieses Material gab ihm Veranlassung seine Anschauungen in Angelegenheiten der Ernährung kund zu thun. Es haben zwar die von G. R. Beneke besprochenen Punkte in den Schriften von Prof. Voit schon eingehende Berücksichtigung gefunden; da es sich hier jedoch um einen Gegenstand handelt, der nicht nur für den Physiologen, sondern auch für weitere Kreise von Bedeutung ist, letztere jedoch nicht ohne weiteres zu entscheiden vermögen, was das Rechte ist, so erschien es im Interesse der Sache wünschenswerth, auf die Erörterungen G. R. Beneke's näher einzugehen.

Zunächst bemerkt G. R. Beneke, dass wegen der Wichtigkeit der Sache eine weitere eingehende Bearbeitung und Prüfung nothwendig sei, da nur ein grosses Beobachtungsmaterial zu gewissen Normen hinführe. Dies ist ganz richtig, aber für den Unkundigen

1) Schriften der Gesellschaft zur Beförderung der gesammten Naturwissenschaften zu Marburg 1878 Bd. 11 S. 277 Abhandl. 5.

2) Für die Londoner Verpflegungsanstalten hatte es schon Prof. Voit gethan (s. Untersuchung der Kost S. 71 u. 184).

könnte es den Anschein gewinnen, als ob Prof. Voit dieser Meinung nicht sei, während derselbe an vielen Stellen ausgesprochen hat, wie spärlich leider hierüber unsere Kenntnisse noch sind; er hat aber zugleich, soweit seine Kräfte reichten, ausgedehnte experimentelle Arbeiten angestellt und auch, allerdings ohne grossen Erfolg, ja merkwürdigerweise unter Widerstreben mancher Regierungen und Gelehrten, Erhebungen über die Kost in verschiedenen Anstalten zu veranlassen gesucht. Niemandem könnte es erwünschter sein als ihm, wenn von vielen Seiten recht viel neues, brauchbares Material in dieser Richtung beigebracht würde.

G. R. Beneke meint, dass nach den bisherigen Beobachtungs- und Rechnungsresultaten beträchtliche Differenzen in den dem Menschen dargebotenen und zu seiner gesunden Existenz als hinreichend befundenen Nahrungsmengen existiren; physiologisches Experiment und praktische Erfahrung ständen noch in einem unlösbaren Widerspruche, den zu beseitigen unsere Aufgabe sei. Nun sagt der erste Passus nichts Neues aus, sondern etwas, was nach den Untersuchungen von Prof. Voit nothwendig und selbstverständlich ist. Es ist ja gerade eine Hauptbedeutung seiner Versuche, die mannigfaltigen Bedingungen für den Umsatz von Eiweiss, Fett und Kohlehydraten dargethan und gezeigt zu haben, dass darnach für verschiedene Menschen, ja selbst für einen und denselben Menschen, eine ganz verschiedene Quantität der einzelnen Nahrungsstoffe nöthig ist. Der zweite Passus jedoch, dass das physiologische Experiment und die praktische Erfahrung in einem unlösbaren Widerspruche ständen, ist nicht richtig: ein solcher Widerspruch, wie ihn G. R. Beneke zu sehen glaubt, existirt nicht.

G. R. Beneke bemerkt in dieser Beziehung zunächst eine nicht unbeträchtliche Differenz zwischen den Resultaten der Untersuchung sämmtlicher Einnahmen und Ausgaben zweier Männer durch Pettenkofer und Voit und den Ergebnissen der einfachen praktischen Erfahrung durch Wägung der Nahrungsmittel. Er zieht den Schluss, dass diese Forscher für den von ihnen untersuchten kräftigen Arbeiter von 71 kg Gewicht wohl das richtige Maass unter den gegebenen Lebensverhältnissen gefunden, aber nicht ein Normalmaass für das Ernährungsmaterial des gesunden Durchschnitts-

mannes ermittelt hätten. Pettenkofer und Voit haben nun mit den von ihnen gefundenen Werthen: 137 Eiweiss, 173 Fett und 352 Kohlehydrate nicht das Maass für einen mittleren Arbeiter aufstellen wollen, mit welcher Aufgabe sie sich damals gar nicht beschäftigten. Sie sagten nur S. 523 ihrer Abhandlung: „So viel ist sicher, dass das gegebene Maass der Nahrung nicht erheblich von der mittleren eines leistungskräftigen Arbeiters abweicht.“ Der sehr kräftige Mann setzte die ganze verzehrte Eiweissmenge am ersten Tage um und reichte bei der Arbeit mit den gegebenen stickstofffreien Stoffen nicht aus, so dass er noch ansehnlich Fett von seinem Körper verlor. Dass ein junger starker Mann von 71^{kg} Gewicht wirklich 137^{g} Eiweiss im Tage in der Kost nöthig hat, lässt sich leicht darthun, und ich werde dafür nachher noch einige weitere Belege beibringen. Dies ist aber durchaus nicht in Widerspruch mit den Resultaten der statistischen Erhebungen, welche für kräftige Arbeiter vielfach den nämlichen Bedarf ergeben. Die von Forster untersuchten beiden Arbeiter verzehrten z. B. täglich:

	Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
a)	133	95	422
b)	131	68	494

Ein englischer Hafenarbeiter braucht nach Playfair im Tag 155^{g} Eiweiss, ein Münchener Bräuknecht 165^{g} Eiweiss. Ein mittlerer Arbeiter, etwa von der durchschnittlichen Leistung eines Soldaten, hat im Allgemeinen weniger Eiweiss nöthig; darum hat auch Prof. Voit für einen solchen als Bedarf nur 118^{g} Eiweiss angenommen, woraus wohl am deutlichsten hervorgeht, dass er den von ihm und Pettenkofer untersuchten Arbeiter, wenigstens späterhin, nicht für einen mittleren Arbeiter hielt.

G. R. Beneke hebt nun hervor, Prof. Voit habe gegenüber den bestimmten und wiederholten Forderungen für einen mittleren Arbeiter (118 Eiweiss, 56 Fett und 500 Kohlehydrate bei der gewöhnlichen gemischten Kost) wieder eine andere Forderung für nicht arbeitende Gefangene aufgestellt, für die er nur 85^{g} Eiweiss verlange; wenn aber der arbeitende Mann nach Voit's Meinung nicht mehr Eiweiss zersetzt als der ruhende, dann könnte auch, meint G. R. Beneke, der arbeitende Gefangene mit

85 g Eiweiss auskommen. Prof. Voit hat seine Aufstellung nicht willkürlich gemacht, sondern stets wohl überlegt und gute Gründe dafür gehabt; dieselben finden sich auch in seinen Schriften verzeichnet.

Da der nicht arbeitende Gefangene keine so grosse Muskelmasse besitzen muss als ein Arbeiter, der sich mit derselben sein Brod verdient, so darf er bis zu einem gewissen Grade daran abmagern und braucht deshalb für seinen muskelschwach gewordenen Körper weniger Eiweiss in der Nahrung[1]); der muskelstark in das Gefängniss Eingetretene verliert dabei von seinen Organen so lange Eiweiss, bis mit der geringen Eiweissmenge der Gefangenenkost Gleichgewichtszustand eingetreten ist, und er vermag dann mit den dadurch schwach gewordenen Muskeln keine stärkere Arbeit auszuführen und muss beim Verlassen des Gefängnisses vorher wieder Substanz ansetzen, um wie früher arbeiten zu können.

Ist es denn so schwierig einzusehen, dass zwischen den Ergebnissen des Versuchs am Menschen und denen der statistischen Erhebungen nicht die mindeste Differenz[2]) besteht? Jeder Mensch vermag je nach seiner Muskelmasse eine bestimmte Arbeit zu leisten und muss zu deren Erhaltung eine gewisse Menge von Eiweiss aufnehmen, gleichgiltig ob er Arbeit leistet oder nicht. Der schweren Arbeit eines Schmieds oder eines Bräuknechts oder eines englischen Hafenarbeiters wird sich aber nur derjenige Mann unterziehen, welcher sie auch vermöge seiner entwickelten Muskeln leisten kann; er wird daher zu der letzteren Erhaltung mehr Eiweiss bedürfen als ein schwacher Schneider. Wenn der schwache Schneider auch noch so viel Eiweiss aufnimmt und zersetzt, wird er nie die Arbeit eines Schmieds thun können. Das mögliche Maximum der Arbeit eines Menschen richtet sich nach der Entwicklung der Muskeln und in demselben Maasse braucht der Arbeiter auch Eiweiss in der Nahrung; deshalb findet man, dass ein kräftiger Arbeiter mehr Eiweiss aufnimmt als ein schwacher und die Eiweisszersetzung bei verschiedenen Individuen meist der Arbeit parallel geht. Aber ein und derselbe Mensch zerstört unter sonst gleichen Verhältnissen bei der Arbeit und bei der Ruhe die gleiche Eiweissmenge. Würde

1) Diese Zeitschrift 1876 Bd. 12 S. 33.
2) Ebend. S. 24.

die Arbeit den Eiweissumsatz steigern, dann müsste ein Arbeiter am Sonntag weniger Eiweiss geniessen als an den Arbeitstagen; man untersuche nur einmal die Nahrung eines starken Arbeiters an solchen Tagen und man wird erfahren, dass die Eiweissmenge beide Male die gleiche ist, denn der Arbeiter würde durch Entziehen von Eiweiss am Ruhetag oder Sonntag an Muskelmasse verlieren und dann am Montag nicht mehr die gewohnte Arbeit leisten können. Dies alles ist durch vielfältige Versuche erhärtet und die Schlüsse daraus sind vollkommen in Uebereinstimmung mit der Erfahrung.

Die grössere Eiweisszufuhr bei den Soldaten im Felde gegenüber der in der Garnison hat einen ganz besonderen Grund. Jeder, der die Verhältnisse auf dem Marsche und im Felde kennt, weiss, dass in der Regel nach Aufnahme des Frühstücks nur mehr eine einzige Mahlzeit verzehrt werden kann. Es wird gewöhnlich erst wieder Nachmittags oder Abends nach dem Marsche abgekocht und nur selten findet sich die Zeit und die Lust zu einer zweiten Mahlzeit. Der Mensch vermag aber den ganzen Bedarf an Nahrungsstoffen nur schwer in einer einzigen Mahlzeit einzuführen, da das Volumen ein sehr grosses ist. Der so scharf beobachtende Prof. J. Forster, welcher mit dem bayer. I. Armeecorps die Kämpfe um Orleans als Feldarzt mitgemacht hat, schreibt die trotz ziemlich genügender Brod- und Fleischzufuhr eintretende Abmagerung und Ermüdung hauptsächlich dem Umstande zu, dass zu jener Zeit die ganze Tagesration in der Regel nur einmal des Tages verzehrt werden konnte. Man muss daher hier vor allem darauf sehen, dass das Volum der Hauptmahlzeit ein möglichst geringes ist, und dies kann nur durch eine sehr reichliche Fleischgabe erreicht werden, welche nach den Vorschriften für die deutsche Armee schon 91 g Eiweiss (oder 58% des überhaupt zugeführten Eiweisses) enthält. Da nun die übrigen Nahrungsmittel, namentlich das Brod, welche die nöthigen Kohlehydrate zuführen sollen, noch Eiweiss einschliessen, so fällt die gesammte Eiweissmenge für den Soldaten im Felde so hoch aus. Man würde einen grossen Fehler begehen, wollte man dem Soldaten im Felde 750 g Brod mit Speck und dazu nur so viel Fleisch geben, dass die Ration eben 118 g

Eiweiss enthält, da der Soldat im Felde die grosse Masse des Brodes oder der stärkemehlreichen Nahrungsmittel nicht immer ganz aufzuzehren im Stande ist. —

G. R. Beneke glaubt nun aus einigen Bestimmungen der Eiweisszufuhr an seiner Person schliessen zu dürfen: „dass die Forderung von Voit für den mittleren Arbeiter von täglich 118g Eiweiss, 56g Fett und 500g Kohlehydraten als allgemeines Mittelmaass in Bezug auf das Eiweiss und die Kohlehydrate reichlich hoch gegriffen erscheint und dass es noch fraglich sein dürfte, ob dieselbe ein- für allemal als feste Grundlage für die Bemessung der Kostsätze in öffentlichen Anstalten, Gefängnissen, Kasernen u. s. w. benutzt werden müsse". Nun hat aber Prof. Voit obige Zahlen nicht als allgemeines Mittelmaass vorgeschlagen, sondern nur für den mittleren Arbeiter bei einer an Kohlehydraten reichen Kost z. B. für den Soldaten in der Garnison; für nicht arbeitende Gefangene, sowie für Altersversorgungsanstalten hat er einen anderen Satz aufgestellt. Der mittlere Arbeiter soll nicht ein Mensch von einem mittleren Körpergewicht sein, wie Beneke meint, der für einen solchen an einer Stelle seiner Schrift (S. 301) 65—70kg, an einer anderen Stelle (S. 312) 60—65kg und 165—170cm Körperlänge annimmt. Das Wort „mittler" bezieht sich auf die Arbeit. Ein mittlerer Arbeiter ist ein kräftiger Mann, welcher vermöge seiner Muskelmasse eine mittlere Arbeit zu leisten vermag und auch während 9—10 Stunden täglich leistet. Also eine Arbeit, nicht so leicht wie die eines Schneiders, auch nicht so schwer wie die eines Schmieds, wohl aber die Arbeit eines Maurers, Zimmermanns oder Schreiners. Die Arbeit bestimmt hier den Bedarf, denn ein nicht in dieser Art angestrengter Mann hat bei einem mittleren Körpergewicht nicht 56g Fett und 500g Kohlehydrate nöthig.

So lange die sorgfältigen Untersuchungen entnommenen Zahlen Voit's nicht für die von ihm angenommenen Umstände als zu hoch nachgewiesen werden, muss es bei ihnen sein Verbleiben haben. G. R. Beneke führt den in Prof. Voit's Laboratorium gemachten und von letzterem und Prof. Bischoff veranlassten Versuch von Prof. Joh. Ranke[1]) an, nach welchem derselbe bei

1) Arch. f. Anat. u. Physiol. 1862 S. 311.

einem Körpergewicht von 74 kg nur 100 g Eiweiss verzehrte und doch seinen Eiweissstand dabei erhielt. Er meint, es müssten dann nach Prof. Voit's Anschauungen 100 g Eiweiss auch einem Manne bei mächtiger Arbeit genügen. Gewiss würden 100 g Eiweiss für Herrn Prof. Ranke auch bei Muskelarbeit genügt haben (wenn auch nicht 100 Fett und 240 Kohlehydrate), aber nur für diejenige Arbeit, welche Prof. Ranke hätte thun können. Es ist übrigens hervorzuheben, dass Prof. Ranke mit 100 g Eiweiss sich nicht ganz auf seinem Eiweisstande erhielt, sondern täglich noch 0,84 g Stickstoff von seinem Körper verlor und zwar unter beständiger Abnahme des Körpergewichts. In der betreffenden Reihe (15. Juni 1861) wog Prof. Ranke, wie gesagt, 74 kg; am 31. October 1860, wo sein Gewicht nur 69 kg betrug, reichte er eben, bei Zusatz von viel stickstofffreien Stoffen, mit 126 g Eiweiss aus; in einer dritten Versuchsreihe, bei welcher er von 75,2 kg auf 71,5 kg abnahm, gab er bei 115 g Eiweiss immer noch Stickstoff, im Mittel täglich 2,2 g, von seinem Körper her. Ich muss ferner gleich hier bemerken, dass man nicht, wie G. R. Beneke es öfters thut, das Körpergewicht benützen darf, um den Eiweissbedarf zu berechnen. Ein Mensch von 74 kg Gewicht kann weniger Eiweiss nöthig haben als ein solcher von 60 kg. Es kömmt auf die Zusammensetzung des Körpers an: auf die Masse des Skeletts und der übrigen Organe (vorzüglich der Muskeln), ihren Gehalt an festen Theilen und Wasser, und vor allem auf die Menge des nebenbei vorhandenen Fettes. Prof. Ranke ist nun allerdings 74 kg schwer gewesen, er hat aber auch ein nicht geringes Fettpolster abgelagert gehabt, mehr als für gewöhnlich ein Soldat besitzt. Prof. Voit hat in dieser Richtung die auffälligsten Erfahrungen an Hunden gemacht; ein und dasselbe Thier braucht, wenn man ihm längere Zeit reichlich Fleisch gegeben und es muskelkräftig gemacht hat, viel Eiweiss, um sich auf seinem Eiweissbestande zu erhalten; hat man es dagegen durch Zufuhr von Fett und Kohlehydraten fett gemacht und dadurch beträchtlich sein Gewicht vermehrt, so hat man ansehnlich weniger Eiweiss zu dem gleichen Zwecke nothwendig. Auf das Nämliche geht wohl auch eine andere Erfahrung hinaus, dass junge ausgewachsene Hunde ungleich mehr Eiweiss in ihrer Nahrung bedürfen als später, wenn

sie einmal einige Jahre älter geworden waren; ein Hund, welcher früher 800g Fleisch unter Zusatz von stickstofffreien Stoffen nöthig hatte, reichte später mit 400g Fleisch und stickstofffreien Stoffen aus. Ein älterer Hund von 38kg Gewicht erhielt sich über ein Jahr lang mit 500 Fleisch und 180 Speck; ein junger Hund (etwa 2 Jahr alt) von 27kg gebrauchte 1100 Fleisch und 200 Speck. Die Soldaten sind nun junge Leute, welche gewöhnlich wenig Fett am Körper besitzen und zum Theil sogar noch wachsen, man muss ihnen daher, wie einem jüngeren Arbeiter, mindestens 118g Eiweiss geben. Es ist endlich zu bedenken, dass es nach Prof. Voit's Untersuchungen wegen der verschiedenen Ausnützung im Darmcanale gar nicht gleichgiltig ist, in welchen Nahrungsmitteln die gleiche Menge von Eiweiss und Nfreien Stoffen aufgenommen wird, wie namentlich das von Dr. Schuster[1]) beigebrachte Beispiel der Gefangenen in dem Zuchthause und in dem Untersuchungsgefängnisse darthut: die ersteren arbeitenden Gefangenen erhalten täglich 104g Eiweiss in vorzüglich vegetabilischer Kost mit viel Kohlehydraten, die letzteren nicht arbeitenden bei reichlicherer Fleischgabe nur 87g Eiweiss mit ansehnlich weniger Kohlehydraten; dennoch gehen bei den ersteren nur 78g Eiweiss in die Säfte über, bei den letzteren 76g[2]). In der Kost von Prof. Ranke befanden sich nun hauptsächlich animalische Nahrungsmittel und nur 240g Kohlehydrate, in der Kost des gewöhnlichen Arbeiters und des Soldaten machen dagegen die Kohlehydrate den grössten Theil aus, sie geniessen 500g davon und die Menge des Kothes ist dabei ungleich grösser als wenn weniger stärkemehlreiche vegetabilische Nahrungsmittel und mehr animalische aufgenommen werden. Darum muss man in diesem Falle für den Arbeiter bei ganz gleichem Körper mehr Eiweiss verlangen als für einen Mann, welcher nicht streng körperlich arbeitet und vorzüglich animalische

1) Diese Zeitschrift 1876 Bd. 12 S. 35.

2) Es wäre daher am besten, zu verlangen, dass aus den Speisen eine gewisse Menge von Eiweiss in die Säfte übergehen müsse, z. B. bei einem mittleren Arbeiter 105g. Aber es wäre nicht ganz richtig, diesen Antheil des resorbirten Eiweisses aus dem im Harn befindlichen Stickstoff messen zu wollen, da auch ein Theil der stickstoffhaltigen Zersetzungsproducte des vorher resorbirten Eiweisses mit dem Kothe abgeht. Auch beim Hunger und bei stickstofffreier Kost wird Stickstoff im Kothe entleert. Der dadurch eintretende Fehler ist allerdings nicht beträchtlich.

Kost aufnimmt, wie es bei Prof. Ranke der Fall war. Alles dies erklärt das Resultat von Prof. Ranke, ohne deshalb die Forderung von 118 g Eiweiss für den mittleren Arbeiter zu alteriren.

Noch ungleich weniger können die von G. R. Beneke an seiner eigenen Person erhaltenen Zahlen ein Mittelmaass für einen Arbeiter darstellen. G. R. Beneke stand zur Zeit seiner Untersuchungen im Alter von 31 Jahren und hatte ein Körpergewicht von etwa 62 kg. Die nachträglichen Berechnungen der in den Nahrungsmitteln enthaltenen Nahrungsstoffe sind, wie G. R. Beneke angiebt, nur approximative, denn die in Würsten, Pökelfleisch, Schweinsbraten oder Kuchen enthaltenen Nahrungsstoffe können nur durch eine umständliche Analyse gefunden werden; die Zusammensetzung des Roggenbrodes ist gleich der von Prof. Voit in der Krume gefundenen gesetzt; ferner wird aus dem nach Liebig's Methode ohne Berücksichtigung des Chlors bestimmten Harnstoff der Stickstoff des Harns berechnet. G. R. Beneke nahm darnach im Mittel 90 Eiweiss, 79 Fett und 285 Kohlehydrate auf; da aber dabei eine Abnahme des Körpergewichts eintrat, so nimmt er an, dass sein Körper mit 94 Eiweiss, 109 Fett und 284 Kohlehydraten sich erhalten hätte. Er meint nun auch dadurch wieder zu dem Resultate gelangen zu müssen, dass die geistige wie körperliche Arbeit gegenüber der Ruhe einen Mehrbedarf von Eiweiss fordert, offenbar weil für Prof. Ranke, der bei seinen Versuchen möglichst wenig arbeitete, auf 62 kg berechnet, nur 85 g Eiweiss nöthig gewesen wären. Es ist aber, wie ich vorher schon gesagt habe, ganz unzulässig, aus dem Körpergewichte den Bedarf für einen Menschen zu bestimmen, da man nicht weiss, aus was dieses Körpergewicht besteht, und da auch bei relativ gleicher Zusammensetzung der kleinere Organismus stets verhältnissmässig mehr verbraucht. Dann war Prof. Ranke, obwohl er bei seinen Versuchen die körperliche Bewegung so viel als möglich beschränkte, doch nicht wesentlich weniger angestrengt wie G. R. Beneke. Er führte den Tag über die vielen Analysen im Laboratorium aus, unterzog sich ebenfalls anhaltender geistiger Arbeit und legte viermal täglich den nicht sehr nahen Weg von seiner Wohnung nach dem Laboratorium zurück.

Es ist ferner nicht besonders auffallend, wenn G. R. Beneke bei einem Gewicht von 62^{kg} nur 94 Eiweiss, 109 Fett und 284 Kohlehydrate braucht, und berechtigt dies keineswegs zu dem Schlusse, dass 118^{g} Eiweiss für einen mittleren Arbeiter oder für einen Soldaten zu viel sind. Dies wäre nur dann der Fall, wenn G. R. Beneke längere Zeit die Arbeit eines mittleren Arbeiters, also z. B. eine 9—10stündige Arbeit eines Schreiners oder Maurers vollführen könnte und doch nur 94^{g} Eiweiss zur Erhaltung seiner Muskeln nöthig hätte. Dies ist aber bei einem Verbrauch von nur 94^{g} Eiweiss sicherlich nicht möglich. Ausser der grösseren Muskelmasse bedingt das Vorwiegen der Kohlehydrate in der Kost des Arbeiters wie vorher schon angegeben, eine etwas höhere Eiweissmenge in der Nahrung. Auch sind für einen mittleren Arbeiter 500^{g} Kohlehydrate neben 56^{g} Fett nicht zu viel, wie G. R. Beneke meint. Letzterem genügen allerdings 284^{g} Kohlehydrate, da er mehr Fett geniesst (109^{g}) und da seine Arbeit doch nicht der eines mittleren Arbeiters gleich kömmt. Pettenkofer und Voit haben gezeigt, dass ein Arbeiter an einem Arbeitstage bei Aufnahme von 72^{g} Fett und 352^{g} Kohlehydraten noch 101^{g} Fett von seinem Körper abgab.

Flügge[1]) hat sich neuerdings ebenfalls dahin geäussert, dass die Forderung von 105^{g} verdaulichem Eiweiss oder von 118^{g} Eiweiss in der Kost nicht für den Arbeiter gewöhnlichen Schlags, sondern für einen kräftigen und besonders leistungsfähigen Arbeiter passe. Er hat nämlich gefunden, dass der $59{,}7^{kg}$ wiegende Diener im hygienischen Institut zu Leipzig von schwächlicher Körperconstitution und geringer körperlicher Leistungsfähigkeit bei seiner gewöhnlichen vorzugsweise vegetabilischen Kost nur 9—10^{g} Stickstoff (entsprechend 52—65^{g} Eiweiss) im Harn ausschied. Dabei befand er sich wohl und war so leistungsfähig als man es in dortiger Gegend erwartet. Auch einzelne andere Personen in Leipzig und zwei Arbeiter in Berlin lieferten ihm nur 8—11^{g} Stickstoff im Harn von 24 Stunden. Prof. Voit hat ebenfalls solche niedere Eiweisswerthe z. B. 85^{g} bei Gefangenen angegeben, nur nennt er einen schwächlichen und wenig leistungsfähigen Mann, wie es in Sachsen so viele giebt,

1) Beiträge zur Hygiene 1879 S. 93.

nicht einen mittleren Arbeiter. Es ist ja unzweifelhaft, dass ein schwächlicher Mann mit weniger als 118g Eiweiss ausreicht und dass ein solcher im Gefängnisse nur 85g resorbirbares Eiweiss nöthig hat, um seinen Körper auf dem dürftigen Zustande zu erhalten; aber ein kräftig gebauter Mann kann sich damit nicht in einen Gleichgewichtszustand setzen, er wird dabei immer mehr abmagern.

G. R. Beneke schliesst aus seinen Berechnungen, dass in dem Stoffwechsel des Menschen derartige individuelle Differenzen existiren, dass es fast unmöglich sei, ein mittleres Maass dafür festzustellen. Den ersteren Schluss hat früher schon Prof. Voit aus seinen zahlreichen und genauen Versuchen gezogen und zugleich die Gründe gesucht und gefunden, worin solche individuelle Verschiedenheiten existiren. Aber deshalb ist man doch genöthiget eine Mittelzahl für gewisse Fälle aufzustellen, wenn man nämlich grössere Massen von Menschen, die man nur gleichheitlich ernähren kann, zu verpflegen hat. Es ist selbstverständlich, dass in diesem Falle die Mittelzahl z. B. 118g Eiweiss für eine Anzahl Soldaten zu hoch sein wird, für andere Soldaten ist sie aber zu gering; man wird daher immer gut thun, wie schon gesagt, die Mittelzahl nicht zu niedrig zu greifen. Prof. Voit ist daher ganz der Meinung von G. R. Beneke, dass 118g Eiweiss in manchen Fällen wahrscheinlich die Bezeichnung einer Luxusconsumtion verdienen, ohne dass ihn dies bestimmen könnte eine niedrigere Mittelzahl aufzustellen.

Eine für alle Fälle richtige Mittelzahl giebt es also nicht, stets wird dieselbe für gewisse Fälle unrichtig, entweder zu niedrig oder zu hoch, sein. Darum werden auch die zahlreichsten Untersuchungen an einzelnen Individuen der verschiedensten Stände, in verschiedenem Berufe und unter verschiedenen Lebensverhältnissen keinen anderen Mittelwerth für den Eiweissbedarf des mittleren Arbeiters nach Prof. Voit's Definition aufstellen lassen.

G. R. Beneke meint auch: von einer ganz besonderen Bedeutung sei, wie sich mehr und mehr herausstelle, der Fettgehalt der Nahrung; es wäre schon längst bekannt, dass in Bezug auf die physiologische Dignität das Amylon niemals die Stelle des Fettes zu vertreten vermöge. Es wäre gewiss nicht zu viel gewesen, wenn

derselbe hier den Namen von Prof. Voit genannt hätte, der ganz allein dieses Gebiet angebaut und auf die eigenthümliche Bedeutung des Fettes in der Nahrung aufmerksam gemacht hat. Es ist übrigens ein gutes Zeichen, dass jetzt Dinge als längst bekannt angesehen werden, um welche Prof. Voit vor 9 Jahren mit Liebig in heftige Differenz gerieth. —

Ich habe an einer Anzahl von gesunden Personen den im täglichen Harn ausgeschiedenen Stickstoff bestimmt, während sie die Kost aufnahmen, welche sie gewöhnlich verzehrten.

1. H. B., stud. med., 24 Jahre alt, schlank und mager. (5. Jan. 79.)

Körperlänge . . . . . 178 cm,
Brustumfang . . . . 90 cm,
Körpergewicht . . . . 63,4 kg.

Nahrung: Thee mit Rahm, Brod, Eier; Suppe, Gänsebraten, Kartoffel, Salat, Semmel; Gänsebraten kalt, Salat, Semmel; 2 Liter Bier.

Harn: 1720 ccm.
29,2 Harnstoff = 13,7 N
13,2 N direct.

2. H. B. (siehe Nr. 1). 27. Jan. 79.

Nahrung: 1/2 Liter Chocolade, 3 grosse Fleischpastetchen, Brod mit Butter; Suppe, Filet mit Kartoffelpürée, Brod; kaltes Filet, Wurstwaaren, 2 Brod; 2 Liter Bier.

Harn: 2720 ccm.
28,3 Harnstoff = 13,2 N
10,7 N direct.

3. K. R., 34 Jahre alt. (5. Jan. 79.)

Körpergewicht . . . . 64 kg.

Nahrung: Kaffee mit Rahm, Brod, Butter, Eier; Suppe, Gänsebraten, Kartoffel, Aepfel, Semmel; Gansbraten kalt, Semmel; 1 1/2 Liter Bier.

Harn: 1750 ccm.
32,9 Harnstoff = 15,4 N
14,7 N direct.

4. Dr. E. Sch., 29 Jahre alt, sehr gross und muskelstark. (14. Jan. 79.)

Körperlänge . . . . . 187 cm,
Brustumfang . . . . 97 cm,
Körpergewicht . . . . 91,6 kg.

Nahrung: 2 1/2 Tassen Kaffee mit 50 g Milch, 3 Semmel, 25 g Butter; Bouillon mit Ei, Gullasch von 1/2 Pfd. rohem Fleisch, 1 Semmel, 50 g Chocolade; Schweinssulze, Brod und Butter; 1 1/2 Liter Bier.

Harn: 1895 ccm.
38,3 Harnstoff = 17,9 N
16,4 N direct.

5. Dr. E. Sch. (siehe Nr. 4). 27. Jan. 79.

Nahrung: ½ Liter Kaffee mit 100 ccm Milch, 3 Semmel mit Butter; Suppe, Rehragout mit Knödel, Rindfleisch mit Salat; Beefsteak mit Kartoffel, etwas Fischsalat, Strudel, 1 Tasse Thee; 1 Liter Bier.

Harn: 2200 ccm.
35,2 Harnstoff = 16,4 N
15,8 N direct.

6. W., stud. med., sehr mager und schmächtig. (14. Jan. 79.)
Körperlänge . . . . . 170 cm,
Körpergewicht . . . . 60,3 kg.

Nahrung: 2 Tassen Cacao mit Milch, 3 Semmel; Kohlsuppe, Schlegelbraten mit gerösteten Kartoffeln, 2 Brod; Kaffee mit Milch, 2 Brod; Thee; 1 Liter Bier.

Harn: 1590 ccm.
28,9 Harnstoff = 13,5 N
13,0 N direct.

7. W. (siehe Nr. 6). 21. Jan. 79.

Nahrung: Thee mit 2 Brod; Brodsuppe, Rindsbraten mit Kartoffeln, 2 Brod; Kaffee mit Milch, 2 Brod; Eier hart gesotten.

Harn: 1750 ccm.
29,1 Harnstoff = 13,6 N
12,7 N direct.

8. St., stud. med., 23 Jahre alt, klein und untersetzt (15. Jan.)
Körperlänge . . . . . 164 cm,
Brustumfang . . . . 94 cm,
Körpergewicht . . . . 72 kg.

Nahrung: Kaffee mit Milch, 2 Brod; Wirsingsuppe mit Leberwurst, Rindsbraten mit Kartoffeln; ½ Huhn mit Salat, 2 Brod; 1½ Liter Bier.

Harn: 1525 ccm.
37,4 Harnstoff = 17,4 N
16,6 N direct.

9. St. (siehe Nr. 8). 27. Jan.

Harn: 1320 ccm.
30,4 Harnstoff = 14,2 N
13,7 N direct.

10. F. H., stud., 23 Jahre alt, klein und untersetzt (27. Jan.)
Körpergewicht . . . . 64 kg.

Nahrung: Thee, 2 Würste, 1 Brod; Schinkenknödelsuppe, Rindfleisch mit Gemüse, Schlegelbraten mit Maccaroni; Kaffee mit Kuchen; Filetbraten kalt, eingemachte Früchte; 2 Liter Bier.

Harn: 3400 ccm.
40,1 Harnstoff = 18,7 N
16,7 N direct.

11. P. P., Diener, 43 Jahre alt, gross und muskelstark. (5. Febr.)
Körpergewicht . . . . 74 kg.

Nahrung: Kaffee mit Schwarzbrod; Rindfleisch mit Sauerkraut, Brod; Fleischknödel, Brod, 1 Liter Bier.

Harn: 1505 ccm.
39,1 Harnstoff = 18,3 N
18,5 N direct.

12. P. P. (siehe Nr. 11). 8. Febr.

Nahrung: Kaffee mit Milch, Brod; 2 Würste mit 3 Brod; 1/2 Pfd. Käse, 1 Brod, 2 1/2 Liter Bier.

Harn: 1820 ccm.
32,4 Harnstoff = 15,1 N
14,4 N direct.

13. H. M., Kunsthändler, 46 Jahre alt, sehr gross u. auffallend dick. (17. Febr.)
Körperlänge . . . . . 177 cm,
Brustumfang . . . . 120 cm,
Körpergewicht . . . . 112 kg.

Nahrung: Thee mit Arak, 1/2 Semmel; Suppe, 1/2 Pfd. Rindfleisch, Gemüse, Brod; Kaffee; Kalbsbraten, 1 Brod; 2 Liter Bier, Rothwein, Punsch.

Harn: 3311 ccm.
50,6 Harnstoff = 23,6 N
20,8 N direct.

14. H. M. (siehe Nr. 13).

Harn: 2910 ccm.
46,1 Harnstoff = 21,5 N
20,4 N direct.

Es ergeben sich demnach:

Mann Nr.	Versuch Nr.	Körpergewicht in Kilo	N im Harn	Eiweissverbrauch	
I	1	63	13,2	100	92
	2	63	10,7	84	
II	3	64	14,7	110	110
III	4	92	16,4	121	119
	5	92	15,8	117	
IV	6	60	13,0	99	97
	7	60	12,7	96	
V	8	72	16,6	122	112
	9	72	13,7	103	
VI	10	64	16,7	122	122
VII	11	74	18,5	134	121
	12	74	14,4	108	
VIII	13	112	20,8	149	147
	14	112	20,4	146	

In allen diesen Fällen wurden vorzüglich animalische Nahrungsmittel verzehrt; bei Aufnahme grösserer Mengen von Schwarzbrod oder Kartoffeln, was bei Arbeitern oder Soldaten meist der Fall ist, müsste daher, wegen der reichlichen Stickstoffabgabe im Koth[1]),. etwas mehr Eiweiss zugeführt werden.

Von den acht Männern haben vier die Zahl von 118 g Eiweiss in der Kost überschritten, darunter einer bei einem Gewichte von 64 kg; zwei der Männer von einem Gewichte von 64 und 72 kg haben jene Zahl nahezu erreicht, und nur zwei derselben von einem Gewichte von 60 und 63 kg sind darunter geblieben, indem sie nur 92 und 97 g Eiweiss verbrauchten. Dies ist daher ganz in Uebereinstimmung mit der Angabe von G. R. Beneke, nach welcher ein Mann von 62,5 kg im Tag 94 g Eiweiss in seiner Nahrung nöthig hat. Es frägt sich jedoch, ob die beiden Personen vermöge ihrer Organ- oder Muskelmasse die Arbeit eines mittleren Arbeiters hätten leisten können. Die beiden wären nun nicht dazu im Stande gewesen. Ich werde nachher noch durch eine Anzahl von Beispielen zeigen, dass auch dieses Resultat nicht berechtiget, einem mittleren Arbeiter nur 92 — 97 g Eiweiss im Tag in seinen gewöhnlichen Nahrungsmitteln zu verabreichen.

Bei einem Verbrauch von 92 — 97 g Eiweiss in obigen Versuchen wäre es möglich, dass zufällig für die entsprechenden Tage zu wenig Eiweiss aufgenommen worden ist und daher noch Eiweiss vom Körper zu Verlust gegangen ist. Ich habe daher zur Controle bei dem einen der jungen Männer (Nr. I. 63 kg), welcher im Mittel nur 92 g Eiweiss nach obigen Versuchen verbrauchte, sowie auch bei dem etwas älteren Manne (Nr. VII. 74 kg), welcher darnach im Mittel 121 g Eiweiss nöthig hatte, eine bestimmte Kost mit so viel Eiweiss und stickstofffreien Nahrungsstoffen gegeben als sich berechnet, wenn man die von Prof. Ranke erhaltenen Zahlen auf ein Körpergewicht von 63 kg reducirt, wie G. R. Beneke es that, und zugesehen, wie sich die beiden Männer dabei in Beziehung der Eiweisszersetzung verhielten.

---

1) im Koth 2,3 Stickstoff angenommen nach den Arbeiten von Pettenkofer und Voit bei mittlerer Nahrung.

Die Kost war bei beiden die folgende:

		Eiweiss	Fett	Kohle-hydrate
Morgens	20 Butter	0,2	18,4	—
	100 Schwarzbrod[1]) (Krume)	7,0	—	45,0
	150 Milch	6,1	5,8	6,3
	20 Zucker	—	—	20,0
Mittags	2 Fleischextract[2])	1,0	—	—
	200 Fleisch, roh	43,8	1,8	—
	20 Butter	0,2	18,4	—
	50 Schwarzbrod	3,5	—	22,5
	300 Kartoffeln	6,0	0,9	65,4
Abends	150 Milch	6,1	5,8	6,3
	100 Schwarzbrod	7,0	—	45,0
	20 Butter	0,2	18,4	—
	20 Zucker	—	—	20,0
	Summe:	81,1	69,5	230,5

In den Speisen befanden sich demnach 12,57 g Stickstoff.

Die Stickstoffausscheidung betrug:

	Tag	Harn-menge	Harnstoff	N aus Harnstoff	Stickstoff direct
bei Nr. I	1.	1250	24,4	11,4	10,4
	2.	917	24,8	11,6	10,4
bei Nr. VII	1.	1750	34,7	16,2	14,5
	2.	1540	30,9	14,4	14,3

Nimmt man im Koth noch täglich 2,3 g Stickstoff an, so hat bei Zufuhr von 81 g Eiweiss der Mann Nr. I 82 g Eiweiss, der Mann Nr. VII 108 g Eiweiss verbraucht.

Daraus ist also ersichtlich, dass Nr. I von einem Gewicht von 63 kg, welcher früher bei der Willkür überlassener Kost im Mittel 92 g Eiweiss aufgenommen hatte, mit einer Zufuhr von 81 g Eiweiss wirklich nahezu ausreicht, dass dagegen Nr. VII von einem Gewicht

1) Nach G. Meyer in der Brodkrume:
54,6 % feste Theile
45,4 % Wasser
1,98 % Stickstoff im trockenen Brod
1,08 % Stickstoff im frischen Brod
6,97 % Eiweiss im frischen Brod
44,98 % Kohlehydrate im frischen Brod.

2) Aus dem Stickstoff des Fleischextractes (8,03 %) berechnet.

von 74 kg dabei noch ansehnlich Eiweiss von seinem Körper verliert. Letzterer hatte in seiner gewöhnlichen Kost im Mittel 121 g Eiweiss verzehrt; hier setzte er zwar nur 108 g Eiweiss um, er hätte aber zur Erhaltung des Stickstoffgehaltes des Körpers mehr Eiweiss, gewiss nicht unter 121 g, nöthig gehabt.

Dazu ist noch zu bemerken, dass der Mann Nr. VII, welcher im Laboratorium unter Tags mit dem Reinigen der Gläser, dem Bedienen der Oefen etc. beschäftiget ist, an den beiden Versuchstagen einen starken Hunger verspürte. Dies ist wohl natürlich, da er beträchtlich Eiweiss und wohl auch, der zu geringen Menge der stickstofffreien Nahrungsstoffe halber, Fett abgab. Aber auch Nr. I war trotz möglichster Ruhe von quälendem Hunger gepeinigt; offenbar gab auch er von seinem Körperfett ab.

Endlich wurde im physiologischen Laboratorium (im Mai 1879) ein Versuch von Dr. E. Voit an einem nicht arbeitenden Soldaten unternommen. Der Soldat war 22 Jahre alt und befand sich seit einem Jahre bei dem Regiment. Es betrug:

sein Körpergewicht . . . . 63,8 kg (mit den Kleidern),
seine Körperlänge . . . . 1,62 m,
sein Brustumfang . . . . . 85—91 cm.

Er erhielt an zwei Tagen als Nahrung:

		Eiweiss	Fett	Kohlehydrate
Morgens	196 Milch[1]	6,3	7,8	8,4
	200 Schwarzbrod[2] (Krume)	14,8	—	88,4
	25 Butter	0,2	23,0	—
Mittags	2 Fleischextract . . .	1,0	—	—
	140 Fleisch, roh	30,9	1,3	—
	200 Kartoffeln	4,0	—	43,6
	50 Butter	0,4	46,0	—
	100 Schwarzbrod	7,4	—	44,2
	1/2 Liter Bier	—	—	25,0
Abends	200 Schwarzbrod	14,8	—	88,4
	196 Milch	6,3	7,8	8,4
	25 Butter	0,2	23,0	—
	1/2 Liter Bier	—	—	25,0
	Summe:	86,3	108,9	331,4

1) a) 5,1267 g (5 ccm) frische Milch = 0,6433 g trocken = 12,55 % feste Theile. In der trockenen Milch = 3,95 % Stickstoff, in der frischen Milch 0,50 % Stickstoff (= 3,22 % Eiweiss).

Die Stickstoffausscheidung im Harn ergab:

Tag	Harn-menge	Harnstoff	N aus Harnstoff	Stickstoff direct
1.	1610	28,2	13,2	12,1
2.	1605	29,7	14,0	12,8
Mittel	1607	28,9	13,6	12,5

Bei 2,3 g Stickstoff im Koth hätte der Mann demnach 14,8 g Stickstoff ausgeschieden, was einen Verbrauch von 96 g Eiweiss entspricht. Da der Mann jedoch nur 86 g Eiweiss in der Kost erhielt, so hat er demnach noch 10 g Eiweiss täglich von seinem Körper verloren. Es muss bemerkt werden, dass der unter dem Mittelgewicht eines Soldaten stehende Mann[1]) bei dieser Kost auch an Gewicht abnahm; am ersten Tage bei Beginn des Versuchs wog er nämlich 63,8 kg, am Beginn des zweiten Tages nur mehr 62,9 kg; auch den zweiten Tag büsste er noch an Gewicht und Eiweiss ein. Zur Erhaltung des Eiweissstandes hätte also der Mann, obwohl er nur 63 kg wog, doch mehr Eiweiss als 96 g bedurft. Dabei wurden nur 500 g Brod verzehrt, während der Soldat nach dem Reglement nur 150 g Fleisch, jedoch 750 g Brod und viel Gemüse erhält, welche mehr Koth produciren.

Diese Erfahrungen werden noch durch weitere an anderen Menschen gemachte bestätiget. Bei den Ausnützungsversuchen.

b) 5,1282 g (5 ccm) frische Milch = 0,6415 g trocken = 12,51 % feste Theile. In der trockenen Milch = 4,11 % Stickstoff, in der frischen Milch 0,50 % Stickstoff (= 3,22 % Eiweiss).

2) a) ganzer Laib Brod 232,5 g. 119,4 g Krume = 69,9 g trocken = 58,54 % feste Theile und 41,46 % Wasser.

2,0318 g Krume = 1,2047 trocken = 59,29 % feste Theile. 1,2047 trockene Krume = 1,94 % Stickstoff. In der frischen Krume = 1,15 % Stickstoff (= 7,42 % Eiweiss).

b) ganzer Laib Brod 225,7 g. 110,1 g Krume = 64,4 g trocken = 58,49 % feste Theile und 41,51 % Wasser.

1,4806 g Krume = 1,4806 trocken = 57,33 % feste Theile. 1,4806 trockene Krume = 2,00 % Stickstoff. In der frischen Krume = 1,15 % Stickstoff (= 7,42 % Eiweiss).

1) Das Mittelgewicht von 51 der hiesigen Garnison angehörigen beliebig ausgewählten Soldaten betrug nach der gütigen Mittheilung des Herrn Oberstabsarztes Dr. Friedrich 66,8 kg; davon wogen zwischen 55—60 kg = 19 %, zwischen 60—65 kg = 23 %, zwischen 65—70 kg = 26 %, zwischen 70—75 kg = 20 %.

welche Dr. Rubner[1]) an verschiedenen Männern angestellt hat, wurde eine gewisse Menge eines Nahrungsmittels gegeben, dessen Stickstoffgehalt bekannt war; ebenso war die Stickstoffmenge des dabei entleerten Harns und Koths bestimmt worden. Es ist daher möglich anzugeben, ob der Körper mit einer gewissen Eiweisszufuhr seinen Bestand an Eiweiss erhielt oder ob er Eiweiss dabei einbüsste.

Versuchsperson	Alter	Körpergewicht	N in der Kost	N im Harn und Koth	Eiweissverbrauch	Nahrungsmittel
A	22	72	14,7	17,4	112	Mais }
A	22	72	10,4	13,7	88	Reis }
B	24	46	20,7	22,5	145	Eier
C	27	71	15,4	14,5	93	Milch
D	43	74	19,4	18,1	116	Milch }
D	43	74	23,5	25,0	167	Milch u. Käse }
D	43	74	38,9	27,2	175	Milch u. Käse }
D	43	74	7,6	13,2	85	Weissbrod }
D	43	74	12,3	15,0	96	Weissbrod }
D	43	74	11,9	16,3	105	Spätzeln }
D	43	74	13,3	16,8	108	Schwarzbrod }
D	43	74	10,9	17,9	115	Maccaroni }
D	43	74	22,6	20,5	132	„ mit Kleber }
D	43	74	23,6	26,4	170	gemischte Kost }
D	43	74	23,5	21,6	139	gemischt mit viel Fett }
D	43	74	23,0	18,8	121	„ „ „ „ }
D	43	74	23,4	17,6	113	„ sehr viel Fett }
E	23	72	11,5	12,5	81	Kartoffeln
F	38	62	13,2	20,0	129	Wirsing }
F	38	62	6,5	15,2	98	gelbe Rüben }

Darnach hat A von 72^{kg} Gewicht bei Zufuhr von Mais und Reis und bei einem Eiweissverbrauch von 112^{g} noch Eiweiss von seinem Körper abgegeben. D (der Mann VII der Reihe S. 474) von einem Gewicht von 74^{kg} verlor bei Aufnahme verschiedener Nahrungsmittel ebenfalls noch Eiweiss, als er $85-115^{g}$ Eiweiss umsetzte; bei einem Ansatze von etwas Eiweiss zerstörte er 113 bis 175^{g} Eiweiss. Der Soldat E, welcher 72^{kg} wog und nur Kartoffeln verzehrte, gab bei einem Umsatze von 85^{g} Eiweiss noch Eiweiss von seinen Organen her. F endlich reichte nicht aus, als er 98 bis 129^{g} Eiweiss in Gemüsen aufnahm.

1) Diese Zeitschrift 1879 Bd. 15 S. 115.

Wenn in den Pfründneranstalten arme und erwerbsunfähige alte Leute mit einer geringeren Organmasse nach den Untersuchungen von Prof. Forster[1]) täglich 79 und 89 g Eiweiss erhalten, so ist es unmöglich, dass ein robuster mittlerer Arbeiter nur 94 g zu seiner Erhaltung nöthig hat. Nach Prof. Forster's[2]) Angaben nahm ein 60 Jahre alter Mann von einem Gewicht von 58 kg, der mager, jedoch noch äusserst thätig und arbeitsam ist (Diener am physiologischen Institut), in den Speisen im Mittel aus einer Beobachtungsreihe von 3 Tagen täglich 117 g Eiweiss auf und entleerte im Harn 16,98 g Stickstoff; er verbrauchte demnach, mit Zurechnung von 2,3 g Stickstoff im Koth, 124 g Eiweiss, d. h. er befand sich mit jener Eiweissmenge eben im Gleichgewichte und hatte für seinen Körper so viel zur Erhaltung nöthig.

Dr. Renk fand, dass Reconvalescenten und Kranke, welche doch schon an Körpermasse mehr oder weniger abgenommen haben, immer noch nicht unbedeutende Mengen von Eiweiss umsetzen. Ein mit Lues behafteter Kranker[3]), welcher die sogenannte ganze Kost des Spitals erhielt, in der sich im Mittel 11,6 g Stickstoff = 75 g Eiweiss befinden, schied im Harn und Koth 12,5 g Stickstoff aus; er verbrauchte demnach 81 g Eiweiss und erhielt sich nicht auf seinem Eiweissbestande. Ein herabgekommener Typhusreconvalescent[4]) bekam in den Speisen täglich 79 g Eiweiss und gab dabei im Tag noch 8 g Eiweiss von seinem Körper her; erst bei einer Steigerung der täglichen Eiweisszufuhr auf 101 g und mehr lagerte er Eiweiss ab und nahm zu.

Prof. v. Boeck[5]) reichte einem 44 Jahre alten, kräftigen, breit gebauten Arbeiter, welcher wegen Syphilis im Spitale sich befand, in den Speisen täglich 113 g Eiweiss; dieser setzte aber 118 g Eiweiss um, d. h. er gab noch etwas Eiweiss von seinem Körper ab. Ein 21jähriger schmächtiger, schlecht genährter junger Mann von einem Gewicht von 54,3 kg setzte bei derselben Kost mit 116 g Eiweiss täglich 97 g Eiweiss um, so dass er im Tage 9 g Eiweiss im Körper ablagerte, was auch in einer Gewichtszunahme von 1,4 kg

1) Untersuchung der Kost S. 191 u. 195. 2) Ebend. S. 209.
3) Untersuchung der Kost S. 111. 4) Ebend. S. 116.
5) Diese Zeitschrift 1869 Bd. 5 S. 402.

in 8 Tagen sich ausdrückte; später nachdem er ein Körpergewicht von 55,7 kg erreicht, zerstörte er, bei der Zufuhr von 118 g Eiweiss, täglich 104 g Eiweiss.

Die nicht sehr stämmig gebauten italienischen Ziegelarbeiter, welche ganz ausserordentlich mässig leben und alles Ersparte in die Heimat senden, nehmen nach den Mittheilungen von H. Ranke im Mais und Käse täglich bis zu 167 g Eiweiss auf.

Die Bergleute in der Grube Silberau bei Ems verzehren in ihrer täglichen Kost bei einem mittleren Gewichte von 66 kg nach den Erhebungen von Ed. Steinheil[1]) 133 g Eiweiss, wobei allerdings sehr viel Kohlehydrate aufgenommen werden. Von den beiden von Prof. Forster[2]) untersuchten Arbeitern nahm der eine, im Alter von 36 Jahren, 119—149 g Eiweiss auf, der andere, 40 Jahre alte 117—150 g.

Der Soldat in der Garnison erhält in der ihm nach dem Gebührentarif zukommenden Menage im Mittel täglich 117 g Eiweiss, 26 g Fett und 547 g Kohlehydrate, und doch reicht er gewöhnlich damit nicht aus und sucht sich noch weitere Nahrungsmittel zu verschaffen. Der Soldat braucht auch deshalb so viel Eiweiss, da sein Körper häufig noch wächst und an Masse zunimmt; der obige Soldat (R) wog z. B. beim Eintritt in die Kaserne im Herbst 1877 nur 56,5 kg.

Nach allen diesen Darlegungen kann es keinem Zweifel unterliegen, dass man für einen mittleren Arbeiter nach Prof. Voit's Definition bei der gewöhnlichen Kost desselben (mit 56 Fett und 500 Kohlehydraten) nicht weniger als 118 g Eiweiss annehmen darf. Ich hebe dabei nochmals hervor, dass der mittlere Arbeiter nicht ein solcher mit 65—70 kg Gewicht bedeutet, sondern ein solcher, welcher eine mittlere Arbeit zu leisten im Stande ist.

G. R. Beneke fasst die hauptsächlichen Schlussfolgerungen, „zu welchen ihn die vorliegenden, sowie frühere einschlägige Untersuchungen geführt haben[3])“, in vier Sätzen zusammen:

1) Diese Zeitschrift 1877 Bd. 13 S. 415.

2) Diese Zeitschrift 1873 Bd. 9 S. 388 u. 389.

3) Es ist nicht ersichtlich, ob er damit nur seine eigenen Untersuchungen oder auch die Anderer meint.

Der erste sagt aus, dass in der Intensität des Stoffwechsels, auch bei gleichem Körpergewicht, die grössten individuellen Differenzen bestehen. Diese Schlussfolgerung ist nicht neu, es hat dieselbe vielmehr bekanntlich vor allem Prof. Voit[1]) aus seinen zahlreichen Versuchen am Hunde gezogen und dann auf den Menschen übertragen und auch bei ihm bewahrheitet gefunden. Diese Differenzen bestehen nicht nur für verschiedene Individuen, sondern auch für den gleichen Organismus unter verschiedenen Umständen. Man sieht nicht ein, welchen Nutzen es bringt, wenn G. R. Beneke nachträglich für sich die gleiche Schlussfolgerung macht und zwar aus einem ungleich geringeren Material, als seine Vorgänger es sich geschaffen hatten.

Der zweite Schluss ist, dass bei der Beurtheilung der für einen Menschen erforderlichen Nahrungsmenge die zuerst von Prof. Voit hervorgehobene verschiedene Verdaulichkeit der einzelnen Nahrungsmittel sehr in das Gewicht falle. Hierfür haben Prof. Voit und seine Schüler die Beweise geliefert und ist abermals unklar, wie G. R. Beneke diesen Schluss ziehen kann, da er selbst nachträglich keine Versuche beigebracht hat, aus welchen derselbe hervorgehen könnte.

Der dritte Schluss ist, dass die Forderung von Prof. Voit für den mittleren Arbeiter als allgemeines Mittelmaass in Bezug auf Eiweiss und die Kohlehydrate reichlich hoch gegriffen erscheint und dass es noch fraglich sein dürfte, ob dieselbe ein- für allemal als feste Grundlage für die Bemessung der Kostsätze in öffentlichen Anstalten, Gefängnissen, Kasernen etc. benützt werden muss. Ich habe dargethan, dass Prof. Voit durchaus nicht ein allgemeines Mittelmaass aufstellte, sondern, wie er vielmals sagte, nur ein Mittel für einen bestimmten Fall; er hat deshalb thatsächlich für andere Fälle auch andere Sätze verlangt, so z. B. andere für nicht arbeitende Gefangene, für Altersversorgungsanstalten etc. Für den Fall eines mittleren Arbeiters, der nicht zusammenfällt mit dem

1) z. B. Bischoff und Voit, die Gesetze der Ernährung des Fleischfressers 1860 S. 30 u. 31, S. 213; Voit, Unters. über den Einfluss des Kochsalzes 1860 S. 17; diese Zeitschrift 1866 Bd. 2 S. 342, ferner 1876 Bd. 12 S. 6.

Verbrauch irgend eines mittleren Menschen z. B. eines Gelehrten, ist die von Prof. Voit geforderte Menge der Nahrungsstoffe nicht zu hoch gegriffen.

Der vierte Schluss von G. R. Beneke endlich lautet: „Entweder ist der Satz unrichtig, dass der Körper gleich viel Eiweiss zersetzt, einerlei ob er ruht oder ob er eine mächtige Arbeit leistet, oder die sämmtlichen praktischen Erfahrungen über die für den Soldaten in der Garnison und im Felde erforderlichen Rationen beruhen auf einem Irrthum.“ Dieser Schluss beruht, wie ich gezeigt habe, auf einem Missverständniss, die Ernährungsversuche und die praktischen Erfahrungen befinden sich durchaus nicht im Gegensatze, sondern harmoniren vielmehr in schönster Weise.

Das Gebiet der Wissenschaft ist ein freies, und Jedem muss es erlaubt sein, seine Meinung auszusprechen. Es giebt aber doch gewisse Richtungen, wo man eine erhöhte Verantwortung für seine Aeusserungen übernimmt, so z. B. bei der angewandten Ernährungslehre, wenigstens in dem jetzigen Stadium derselben. Nach Abschluss langjähriger mühsamer Untersuchungen über den Stoffumsatz im thierischen Organismus ist es Prof. Voit gelungen, der Anwendung der Resultate der Wissenschaft für die Ernährung von Menschen und Thieren Bahn zu brechen. Es ist unzweifelhaft, dass es sich hier um die nationalökonomisch wichtigsten Fragen handelt; aber doch bedurfte es aller Ausdauer und Energie, um die Aufmerksamkeit der Verwaltungen der Gefängnisse, der Versorgungsanstalten, des Militärs etc. auf diese Erkenntniss zu lenken. Vielfach wird immer noch hartnäckiger Widerstand geleistet, da es höchst unangenehm ist, in so grossen Verhältnissen das, was völlig geordnet und gut erschien, zu prüfen und zu verbessern. Auch bei der besten Absicht einer guten Sache zu nützen, kann man daher hier ausserordentlich schaden, wenn man nicht ganz bestimmt die Bedingungen bezeichnet, für welche man eine Kost gelten lassen will, und dadurch Bedenken in die Angaben Anderer erregt, da die Verwaltungen zweifelhaft werden und sicherlich den erwünschten Schluss ziehen, nichts thun zu dürfen, weil man über die Ernährungsverhältnisse der Menschen noch nichts Sicheres wisse. Es ist ja durchaus nicht bedenklich und nicht im Wider-

spruch mit den Angaben von Prof. Voit, wenn man sagt, dass unter anderen Verhältnissen und Annahmen weniger Eiweiss für einen Menschen ausreicht als Prof. Voit für einen mittleren Arbeiter nach seiner Definition für nöthig gefunden hat. Bei einer präcisen Darstellung der Körper- und Lebensverhältnisse, für welche die Werthe gelten, liefern die Erhebungen von G. R. Beneke und Dr. Flügge ein sehr brauchbares Material zur Ernährungslehre, für welche jede sorgfältig angestellte Untersuchung in dieser Richtung von Werth ist.

Es wäre darum sehr wünschenswerth, wenn nur bei ganz ausreichenden, durch ausgedehnte experimentelle Untersuchungen gestützten Gründen und bei genauer Angabe der Körperconstitution, der Arbeitsleistung und anderer Umstände an den jetzt durch Versuche festgestellten Werthen der für einen Menschen nöthigen Stoffzufuhr gerüttelt würde; nur dann, wenn der Betreffende auch die volle Verantwortung für seine Vorschläge den Verwaltungen gegenüber zu übernehmen bereit ist, also z. B. dafür, dem mittleren Arbeiter oder dem Soldaten weniger Eiweiss und Kohlehydrate wie bisher zu reichen. Er muss ganz sicher sein, dass bei seinen Vorschlägen z. B. unsere Soldaten nicht an ihrem Leibe herabkommen, nicht elend und krank werden, dass sie vielmehr dabei den Strapazen, denen sie sich unterziehen müssen, gewachsen sind.

Ueber den Nährwerth des Fluid Meat.

Von

Dr. **M. Rubner,**

Assistenten am physiologischen Institut zu München.

Unter dem Namen Fluid Meat — flüssiges Fleisch oder peptonisirtes Fleisch — wird von England aus ein Präparat in den Handel gebracht, das nichts anderes darstellen soll als Fleisch, dessen Eiweisssubstanzen in Pepton umgewandelt wurden.

Dasselbe soll alle nährenden Bestandtheile des Fleisches ausser Fett in flüssiger Form enthalten und keiner Magenverdauung bedürfen, um nährend zu wirken.

Es wird daher das Fluid Meat vor allem in denjenigen Fällen empfohlen, wo man meint, dass der Magen aus Mangel an Magensaft die Eiweissstoffe nicht mehr in lösliche und diffundirbare Verbindungen umwandelt, wohl aber die schon gelösten und diffundirenden noch resorbirt.

Es wird das Fluid Meat ausserdem auch für Gesunde als ein im Allgemeinen ökonomisches Nahrungsmittel dargestellt, von welchem 2 Esslöffel voll den Nahrungswerth von 1¼ Pfd. gekochtem Fleisch repräsentiren sollen.

Das Präparat hat eine syrupöse Consistenz, braune Farbe, einen leimähnlichen, nicht besonders angenehmen Geschmack und einen Geruch wie Fleischextract. Es löst sich mit Hinterlassung einer geringen Menge von Rückstand leicht in kaltem Wasser auf. Die Lösung reagirt sauer.

Die Zusammensetzung des Präparates verglichen mit der von Fleisch und Fleischextract ist folgende:

	Fluid Meat	Fluid Meat nach Abzug des ClNa	Fleisch [1])	Fleisch-extract [2])
Wasser	20,79 [3])	—	75,90	21,70
Trockensubstanz . .	79,21	—	24,10	78,30
N in 100 Trockensubst.	10,36 [4])	11,86	14,10	10,25
Alkoholextract . . .	43,30 [5])	49,54	6,66 [7])	70,39
Asche	18,64 [6])	6,90	5,39	22,36
Organisch	81,36	93,10	94,61	77,64
N in 100 Organisch .	12,73	12,73	14,91	13,21

Auf den ersten Blick scheint darnach das Fluid Meat am nächsten dem Fleischextracte zu stehen, von dem es sich nur durch eine geringe Verschiedenheit des Aschegehaltes und einen bedeutend niederen Gehalt an in Alkohol löslichen Stoffen unterscheidet.

Dieser Vergleich wäre aber unrichtig, denn die Asche des Fluid Meat ist wesentlich eine andere als die des Liebig'schen Fleischextractes. In dem von mir untersuchten Präparate fand ich, dass reichlich Chlor, wahrscheinlich an Natron gebunden, darin enthalten ist; auf ClNa berechnet macht es 12,61% der trockenen Substanz aus. Ich habe daher in Columne 3 der obigen Tabelle den Procentgehalt an Stickstoff, Alkoholextract und organischer Substanz in der Trockensubstanz nach Abzug von 12,61% ClNa berechnet.

Nach Abzug des Kochsalzes kommt der Aschegehalt des Fluid Meat dem des Ochsenfleisches nahe, der N-Gehalt und Alkoholextract ist aber ein anderer.

Die Zusammensetzung der Asche des Fluid Meat nach Abzug des ClNa fällt nahezu mit der Fleischasche zusammen.

---

1) Nach Voit.

2) S. König, die Nahrungsmittel S. 21.

3) 4,2494 frische Substanz = 3,3660 trocken = 79,21% feste Theile.

4) 0,4014 trockene Substanz = 41,62 mg Stickstoff = 10,36% Stickstoff.

5) 9,3586 trockene Substanz = 5,3101 in Alkohol unlöslich = 56,70%.

6) 0,6021 trockene Substanz = 0,1123 Asche = 18,64% Asche.

7) Nach einer Analyse Schlossberger's berechnet (s. Moleschott, Physiol. der Nahrungsmittel S. 60 der Zahlenbelege).

100 Trockensubstanz enthalten:

	Fluid Meat nach Abzug des ClNa[1])	Fleisch[2])
SiO_3	0,051	0,432
F_2O_3	0,021	0,053
CaO	0,026	0,093
MgO	0,162	0,178
PO_5	0,715	1,852
SO_3 präformirt	0,112	—
SO_3 in der Asche	1,758	2,250[3])

Aus der Lösung des Fluid Meat konnte mit Cl_2Ba präformirte Schwefelsäure ausgefällt werden, welche wahrscheinlich von Zusätzen bei der Bereitung herrührt.

Die qualitativen Reactionen der wässerigen Lösung ergaben den völligen Mangel an eigentlichem Eiweiss, dagegen das Vorhandensein von Pepton.

Da nun das Pepton in dem Präparate die einzige in irgend erheblicher Menge vorkommende organische Substanz ist, welche nahrhaft ist und zur Verhinderung des Verlustes vom Körper beitragen kann, schien es sehr wünschenswerth, die Menge desselben zu bestimmen.

Allein es fehlt zur Zeit leider eine zuverlässige Methode.

---

1) 12,501 trockene Substanz geben:

0,056 SiO_3

0,0504 $F_2O_7Mg_2$ $\begin{cases} 0,0323\ PO_5 \\ 0,0181\ MgO \end{cases}$

0,0044 Fe_2O_3 $\begin{cases} 0,0021\ PO_5 \\ 0,0023\ Fe_2O_3 \end{cases}$

0,0403 CO_3Ca = 0,0226 CaO

0,2391 $P_2O_7Mg_2$ = 0,1530 PO_5

0,4014 trockene Substanz = 50,64 mg ClNa = 12,61 % ClNa

10,442 trockene Substanz = 0,030 SO_4Ba präformirt

= 0,468 SO_4Ba in der Asche.

2) Nach einer Ascheanalyse Stölzel's gerechnet auf einen Aschegehalt von 5,39 des trockenen Fleisches.

3) S. Gesetze der Ernährung des Fleischfressers von Bischoff und Voit.

Schmidt[4]) hat das Pepton aus Lösungen, welche durch Kochen mit essigsaurem Eisenoxyd von Eiweiss befreit worden waren, mit Phosphorwolframsäure ausgefällt und dann durch Multiplication des darin nach Dumas gefundenen Stickstoffs mit 6,41 die Peptonmenge berechnet.

Dies Verfahren, durch welches das Pepton aus Lösungen völlig ausgeschieden wird, ist aber im Fluid Meat nicht ohne weiteres anzuwenden, da letzteres auch die Extractivstoffe des Fleisches enthält, welche zum Theil mit dem Pepton durch Phosphorwolframsäure gefällt werden.

Von dem Stickstoff des Fleischextractes fand ich nämlich in einem Falle 15,6 % im Phosphorwolframsäure-Niederschlag und 84,4 % in der Lösung.

Ich habe die Fällung mit Phosphorwolframsäure im Fluid Meat aber doch ausgeführt, weil im Niederschlage jedenfalls alles Pepton enthalten ist.

In 1,2042g Trockensubstanz befanden sich 124,9mg Stickstoff und von diesen gingen über

in den Niederschlag	56,3mg	=	45,4 %,
in die Lösung	67,6	=	54,6 %.

Im höchsten Falle konnten demnach 45,4 % des Stickstoffs des Fluid Meat in Pepton enthalten sein. Da nun 100g Trockensubstanz des Fluid Meat 10,36g Stickstoff geben, so sind davon (bei 45,4 %) 4,70g Stickstoff im Pepton oder 30,1g Pepton in 100 Trockensubstanz (= 34,5 % im Cl Na-freien trockenen Fluid Meat). Da aber der Stickstoff des Phosphorwolframsäure-Niederschlags nicht nur in Peptonen sich findet, so ist diese Menge des Peptons noch zu hoch gegriffen.

Wenn das Eiweiss des Fleisches bei der Herstellung des Fluid Meat ohne jeglichen Verlust an Pepton umgewandelt würde, so müssten in 100g trockenem Fluid Meat nach Abzug des Cl Na 91g Pepton enthalten sein; da aber nach dem Niederschlag mit Phosphorwolframsäure nur 35 % darin sich finden, so muss der Process, durch welchen die Peptonisirung des Fleisches geschieht, ein sehr eingreifender, das Pepton weiter zersetzender sein.

---

4) Du Bois, Archiv 1879 S. 39.

Das Gleiche thut der geringe Gehalt an nicht präformirter Schwefelsäure im Fluid Meat dar; es ist wahrscheinlich, dass dabei Schwefelwasserstoff abgespalten worden ist; wenigstens wird bei 1½ stündigem Erhitzen von Ochsenfleisch auf 120° im zugeschmolzenen Rohre dieses Gas frei.

Es scheint mir auch der geringe Gehalt der organischen Stoffe des Fluid Meat an Stickstoff gegenüber dem des Fleisches, sowie die grössere Löslichkeit des Fluid Meat in Alkohol gegenüber dem Fleischextract, trotz der Unlöslichkcit des Peptons in Alkohol, auf eine theilweise tiefer gehende Spaltung des Eiweissmoleküls hinzuweisen.

Man kann auch versuchen, den Gehalt an Pepton aus der Menge der in absolutem Alkohol unlöslichen organischen Substanz zu bestimmen. Es lösen sich nun von 100g Trockensubstanz des Fluid Meat nur 56,7% nicht in Alkohol auf. In 100 Theilen des in Alkohol Unlöslichen[1]) befinden sich 11,54 Stickstoff und 13,46 Asche (mit 7,08 ClNa) oder in 100g in Alkohol unlöslicher organischer Substanz 13,5 Stickstoff, also weniger als im reinen Pepton.

In 56,7g in Alkohol Unlöslichem sind demnach 49,1g Organisches, welches jedoch nicht ausschliesslich als Pepton anzusehen ist, da ja auch die organischen Stoffe des peptonfreien Fleischextractes sich nicht ganz in Alkohol lösen; aus dem N-Gehalt der organischen in Alkohol unlöslichen Substanz würde sich für 100g Trockensubstanz des Fluid Meat 41,9 Pepton berechnen, wovon aber ein ansehnlicher Theil sicher nicht aus Pepton besteht.

Nach der Fällung mit Phosphorwolframsäure besteht das flüssige Fluid Meat aus:

Wasser	20,8
feste Theile . . .	79,2
Asche	14,8 mit 10,0 ClNa
Organisch	64,4
Pepton	23,8
Extractivstoffe . .	40,6.

Es ist also in dem Präparate ziemlich viel Chlor (in Verbindung mit Natrium, wahrscheinlich von der Peptonisirung mit

1) 0,8293 in Alkohol unlösliche Subst. = 95,74mg Stickst. = 11,54% Stickst.
0,8192 „ „ „ „ = 0,1171 Asche = 14,29% Asche
0,4091 „ „ „ „ = 29,0mg ClNa = 7,08% ClNa.

Salzsäure und der Abstumpfung der Säure mit Natron herrührend, vorhanden; das Eiweiss ist ganz verschwunden und nur mehr ein Theil des daraus entstandenen Peptons noch erhalten.

Es frägt sich nun, welcher Nährwerth dem Fluid Meat nach dieser Zusammensetzung zugeschrieben werden kann.

Durch seinen Gehalt an den Aschebestandtheilen des Fleisches enthält es Nahrungsstoffe; es würde sich aber damit nicht von dem Fleischextracte unterscheiden. Das Fluid Meat enthält aber ausserdem im Gegensatze zum Fleischextract noch Pepton, welches ebenfalls ein Nahrungsstoff ist.

Es wäre nun von Bedeutung, die Rolle des Peptons bei der Ernährung sicher zu kennen: ob es im Stande ist, die Abgabe von Eiweiss vom Körper völlig zu verhüten, also ganz für dasselbe einzutreten oder nur für den grössten Theil desselben, und ferner ob unverändertes gelöstes Eiweiss in die Säfte aufgenommen werden kann oder nicht.

Nehmen wir jedoch an, dass das Pepton den Eiweissverlust völlig aufhebt und nur Pepton, nicht aber gewöhnliches Eiweiss resorbirt wird, so hätte in der That die Darreichung von Pepton für solche Menschen, deren Magen nicht im Stande sein soll, das Eiweiss der Nahrung in Pepton zu verwandeln, wohl aber noch zu resorbiren, eine grosse Bedeutung. Es existiren nun aber schon viele Peptonpräparate, z. B. das Fleischpepton von Sanders-Ezn in Amsterdam, das Pepton von Adamkiewicz, das Präparat von Leube und Rosenthal und hat das Fluid Meat, dessen Peptongehalt kein sehr grosser ist, seiner Zusammensetzung nach gewiss keinen Vorzug vor letzteren. Man muss dabei stets bedenken, dass das Fluid Meat nur die Rolle eines Nahrungsstoffes spielen kann und nicht die Rolle einer Nahrung, welche den Körper auf seinem stofflichen Bestande erhält. Kein Mensch vermag nämlich so viel Eiweiss und noch viel weniger so viel Pepton zu geniessen, dass er sich damit ernährte: für einen gesunden Menschen wären zu dem Zwecke 2000 g frisches fettfreies Fleisch oder etwa 400 g trockenes Pepton nöthig. Man muss also neben dem Eiweiss noch stickstofffreie Nahrungsstoffe — Fett oder Kohlehydrate — geben, wenn man dem Menschen eine Nahrung bieten will. Nichts ist verhäng-

nissvoller als die Vorstellung, man müsse vor allem für Eiweiss sorgen und könne die anderen Nahrungsstoffe ohne Schaden weglassen; ja es ist sicher, dass die Entziehung des Eiweisses leichter ertragen wird als die Entziehung des Fettes und der Kohlehydrate. Das Fluid Meat für sich allein kann also unmöglich den Menschen ernähren, es ist keine Nahrung; höchstens enthält es einen Nahrungsstoff, der, wenn er in genügender Menge vorhanden ist, mit der gehörigen Menge der übrigen Nahrungsstoffe gereicht, eine Nahrung darstellt.

Es ist ferner kaum möglich, die für die Erhaltung eines magenkranken Körpers an Eiweiss oder Pepton nöthige Menge, auch wenn zugleich die stickstofffreien Stoffe ausreichend gegeben werden, in Fluid Meat aufzunehmen. Nehmen wir an, ein solcher Mensch hätte täglich nur 80 g Eiweiss oder Pepton zu dem Ende nöthig, so müsste er in dieser Zeit mindestens 336 g Fluid Meat verzehren, was nicht weniger als 10 Mark kosten würde.

Ob man aber eine solche Menge darreichen will und ob der Kranke dieselbe mit Appetit geniessen wird, das müsste erst noch geprüft werden.

Ein an Fettsucht Leidender wird gewiss besser daran thun, fettfreies Fleisch zu geniessen, als Fluid Meat, da er ersteres in viel grösserer Menge, schon seines Wohlgeschmackes halber, verzehren kann. Es ist gar kein Grund für ihn vorhanden, das Eiweiss des Fleisches künstlich in Pepton zu verwandeln. Er wird ausserdem nie so viel Fluid Meat aufzunehmen vermögen, um seinen Eiweissbestand, der ja bei einer Bantingkur nicht abnehmen soll, zu erhalten.

Noch weniger Bedeutung hat das Fluid Meat für Gesunde oder Kranke mit gesunden Verdauungswerkzeugen. Warum sollen sie die vorzüglichen eiweisshaltigen Nahrungsmittel gegen Fluid Meat vertauschen? Von einer Ersparniss und Oekonomie kann deshalb schon keine Rede sein, weil das Fluid Meat aus Fleisch dargestellt wird und die Darstellung doch Kosten verursacht. Wir wollen den günstigsten Fall setzen, dass ein Mensch nur so viel Fluid Meat geniessen will, um das Eiweiss, welches er gewöhnlich im Fleisch aufnimmt, zu ersetzen; dazu muss er aber noch andere Nahrungs-

mittel in genügender Menge zu sich nehmen. Man kann annehmen, dass ein Mann im Tag etwa 191g reines Fleisch mit 42g Eiweiss oder Pepton isst; diese Peptonmenge ist in 154g Fluid Meat (für 5 Mark) enthalten. Wenn gesagt ist, dass 2 Esslöffel Fluid Meat gleich sind dem Nährwerth von 1¼ Pfd. gekochtem Fleisch, so ist dies nicht richtig: 2 Esslöffel voll Fluid Meat wiegen etwa 52g und kosten 1 Mk. 73 Pf. und enthalten nur 14,2g Pepton, d. h. so viel Eiweiss als 65g reines, knochen- und fettfreies Fleisch.

Es ist klar, dass man das Liebig'sche Fleischextract nicht in Vergleich ziehen darf mit dem Fluid Meat. Ersteres soll und will nur ein Genussmittel sein und erfüllt diesen Zweck in hohem Grade; letzteres soll aber Nährwerth besitzen, und da muss man sich stets fragen, ob die betreffende Substanz eine Nahrung ist, welche den Körper für sich allein erhält, oder ob sie nur einen Nahrungsstoff enthält, der einen Stoff des Körpers vor Zerstörung bewahrt, und wie viel man im letzteren Falle davon braucht, um eine solche partielle Wirkung zu erzielen. Nur dadurch hat man eine Anschauung über den Nährwerth eines Präparates erlangt, nicht aber dadurch, dass man ganz allgemein sagt, dasselbe sei nährend oder nahrhaft.

Ueber die Veränderung des Fleisches beim Einpökeln.

Von

Dr. **Erwin Voit.**

In dieser Zeitschrift hat Herr Dr. M. Rubner[1]) eine Notiz über ein nach Herrn Eckart's Verfahren mit Kochsalz imprägnirtes Muskelfleisch veröffentlicht; er ist bei der Untersuchung desselben zu dem Resultate gelangt, dass bei dieser Behandlungsweise, bei welcher Salz in das Fleisch eingepresst wird und Wasser aus demselben weggeht, dem Fleische so gut wie kein Eiweiss und nur 11% der darin enthaltenen Phosphorsäure entzogen wird. Da nun nach den bis jetzt vorliegenden Analysen der Nährwerth des auf die gewöhnliche Art eingesalzenen Fleisches ein wesentlich geringerer sein soll wie der des frischen Fleisches und zwar durch Entziehung von Eiweiss, von anderen organischen Stoffen und Aschebestandtheilen, so war es von Bedeutung, die Veränderungen des Fleisches beim Einpökeln nochmals genauer zu verfolgen.

Zu dem Zwecke wurde eine grössere Quantität frischen, von Knochen, Sehnen und Fett befreiten Fleisches in ein Glas eingepresst, mit Kochsalz bestreut (auf 500^g Fleisch etwa 30^g käufliches Kochsalz) und das Glas mit einer Kautschukkappe bedeckt 14 Tage sich selbst überlassen.

Das frische Fleisch wog 926,0^g und enthielt 702,8^g Wasser und 223,2^g feste Theile; in letzteren befanden sich: 211,1 organische Substanz (mit 194,1 Eiweiss) und 12,04 Asche mit 4,12 Phosphorsäure. Zum Fleisch wurden zugesetzt 60^g Salz[2]): 55,9^g Chlornatrium und 4,0^g andere Bestandtheile enthaltend.

---

1) Diese Zeitschrift 1877 Bd. 13 S. 513.

2) Das käufliche Kochsalz enthielt:

0,23 %	Wasser
93,09 %	Chlornatrium
6,68 %	andere Salze
100,00.	

Nach 14 Tagen war das aufgestreute Salz bis auf geringe Spuren aufgelöst, wogegen sich am Boden des Glases eine ziemliche Menge Flüssigkeit angesammelt fand, die vom Fleische abgegossen wurde.

I. Zusammensetzung der Brühe.

Die abgegossene Brühe besass eine dunkelbraune Färbung; sie war etwas trübe, reagirte deutlich sauer und roch wie frisches Fleisch. Beim Kochen derselben fielen 2,1772g Eiweiss heraus, entsprechend 1,1% des im frischen Fleisch vorhandenen Eiweisses.

Das vom ausgefallenen Eiweiss erhaltene Filtrat war noch schwach gelblich gefärbt und hinterliess beim Eindampfen 20,3g Trockensubstanz.

1,3380g dieser Trockensubstanz gaben durch Titriren der Lösung mit Silbernitrat 1,0605g Chlornatrium, sohin in 20,3g Trockensubstanz 16,08g Chlornatrium.

2,2203g der Trockensubstanz lieferten 1,9697g Asche und 0,2506g organische Stoffe, so dass in 20,3 Trockensubstanz 18,01g Asche und 2,291g organische Stoffe enthalten waren.

15,7g Trockensubstanz gaben nach der Zerstörung der organischen Stoffe mittelst chlorsaurem Kali und Fällung mit Magnesia 0,2715g Phosphorsäure. In 20,3g Trockensubstanz waren daher 0,3511g Phosphorsäure.

In der von 926g Fleisch abgegossenen Brühe mit 22,48 Trockensubstanz befanden sich demnach:

	in 22,48 Trockensubstanz der Brühe	in 100g Trockensubstanz der Brühe	Dem Fleische entzogen in %	
org. Stoffe	4,47	19,88	2,1	der org. Stoffe
Eiweiss	2,18	9,68	1,1	des Eiweisses
Extractivstoffe	2,29	10,19	13,5	der Extractivstoffe
Asche	18,01	80,12	—	
Kochsalz	16,08	71,50	—	
Phosphorsäure	0,35	1,56	8,5	der Phosphorsäure.

II. Zusammensetzung des Fleisches.

Das Fleisch roch vollkommen frisch und hatte nur eine etwas dunklere Farbe als das frische Fleisch.

Das ursprünglich 926,0g wiegende frische Fleisch wog nach dem Einsalzen nur mehr 892,3g, so dass dabei eine Gewichtsabnahme um 33,7g stattgefunden hat. Die Trockensubstanz des Salzfleisches betrug 270,5g, also enthielt das Salzfleisch 30,31% feste Theile und 69,69% Wasser. Das ganze trockene Salzfleisch gab an Wasser 40,7g Chlornatrium ab; es enthielt demnach das trockene Salzfleisch 15,04% und das frische Salzfleisch 4,56% Chlornatrium.

Da auf das Fleisch 55,9g Chlornatrium aufgestreut wurden, in der Brühe sich aber nur 16,08g wiederfanden, so sind also 39,82g Chlornatrium in das Fleisch gegangen; 40,7g Chlornatrium wurden im Fleisch gefunden, das geringe Plus rührt von dem schon im Fleische befindlichen Chlornatrium her. Es hätte daher das Fleisch um 39,8g an Gewicht zunehmen sollen; statt dessen nahm es um 33,7g ab, es müssen daher 73,5g Wasser = 7,93% des frischen Fleisches aus dem Fleische beim Einpökeln ausgetreten sein.

1000g frisches Fleisch erleiden nach meiner Analyse beim Einsalzen folgende Veränderungen:

sie nehmen auf:	Kochsalz . .	43,0g		—
es werden entzogen:	Wasser . . .	79,7	=	10,4% des Wassers
	org. Stoffe . .	4,8	=	2,1% der org. Stoffe
	Eiweiss . . .	2,4	=	1,1% des Eiweisses
	Extractivstoffe	2,5	=	13,5% der Extractivstoffe
	Phosphorsäure	0,4	=	8,5% der Phosphorsäure.

Man sollte meinen, das Fleisch erleide beim Einpökeln eingreifendere Veränderungen, namentlich ist der Verlust an Wasser gering und die Aufnahme von Kochsalz nicht gross. Der Verlust an Eiweiss, Extractivstoffen und Phosphorsäure ist nicht so beträchtlich, dass dadurch der Nährwerth erheblich geschmälert wird: der Verlust an Eiweiss beträgt nur 1,1% des im Fleisch befindlichen Eiweisses; der Verlust an 8,5% der im Fleisch vorhandenen Phosphorsäure macht für die Ernährung nichts aus, da im Fleische noch Phosphorsäure in Ueberschuss vorhanden ist; die Entziehung von 13,5% der schmeckenden Extractivstoffe ist zwar am beträchtlichsten, bewirkt aber keine Aenderung im eigentlichen Nährwerthe des Fleisches, sondern nur im Wohlgeschmacke desselben. Der Verlust an Nahrungsstoffen beim Einpökeln des Fleisches ist daher keinesfalls so bedeutend, als man vielfach bisher angenommen hat.

Analyse des sog. Topfens.

Von

Dr. M. Rubner.

Bei Zusammenstellungen über die Kost des Menschen war es nöthig auch die Zusammensetzung des sog. Topfens (auch Quark, Käsematte, weisser Käse, frischer Sauermilchkäse genannt) zu kennen. Derselbe wird aus abgerahmter saurer Milch bereitet und in kleinen Laibchen (zu 26,6—28,1 g) geformt möglichst frisch auf den Markt gebracht. Er ist seines Eiweissreichthums und seiner Wohlfeilheit halber ein für die Volksernährung sehr beachtenswerthes Nahrungsmittel.

Es werden wohl nicht unbedeutende Differenzen namentlich im Wassergehalte der an verschiedenen Orten bereiteten Käselaibchen vorkommen, es könnte jedoch Manchem erwünscht sein, die Resultate des dahier gekauften Topfens zu kennen.

Es fanden sich in einem Laibchen 38,91 %, in einem anderen 40,56 % Trockensubstanz.

1,2898 g	Trockensubstanz lieferten	123,62 mg	Stickstoff	= 9,58 %	Stickstoff.
1,0090 g	„ „	99,46 mg	„	= 9,85 %	„
1,6473 g	„ „	0,3041 g	Fett	= 18,46 %	Fett.
1,4116 g	„ „	0,1425 g	Asche	= 10,09 %	Asche.
1,8776 g	„ „	0,1911 g	„	= 10,18 %	„

Darnach enthalten also 100 g frischer Topfen:

feste Theile	39,73
Wasser	60,27
Kaseïn	24,84
Fett	7,33
Asche	4,02
Milchzucker und Milchsäure etc.	3,54

Untersuchungen über den Eisenschwamm und die Thierkohle als Reinigungsmittel für Wasser.

Von

Gustav Bischof

aus London.

Unter obenstehendem Titel erschien im 4. Hefte 14. Bandes dieser Zeitschrift eine Abhandlung von Dr. L. Lewin, welche einer Entgegnung bedürftig erscheint.

Eingangs von Lewin's Abhandlung begegnen wir einer Anspielung auf „die sogenannten Trinkwassertheoretiker". Wie bekannt, giebt es verschiedene Ansichten über die Tragweite des Trinkwassers als Träger von Infectionsstoffen. Es sei mir, als einem der Trinkwassertheoretiker, gestattet, nur auf einen einzigen Fall hinzuweisen, nämlich auf die Typhusepidemie, welche Anfangs dieses Jahres zu Caterham und Redhill ausbrach[1]). Ein ungewöhnlich reines artesisches Brunnenwasser wurde durch die Entleerungen eines in dem Brunnenschacht beschäftigten Arbeiters, welcher an einer milden Typhusform litt, verunreinigt. Und so sicher wie ein Hund einen Hund, ein Pferd ein Pferd erzeugt, entstand eine Typhusepidemie unter denen, welche das Wasser tranken, während in demselben Districte diejenigen in auffallender Weise verschont blieben, welche es aus diesem oder jenem Grunde nicht tranken. Ist es möglich, wenn wir den officiellen Bericht lesen, an dem Zusammenhange zwischen der Verunreinigung und der Epidemie zu zweifeln und etwa mit Dr. Flügge anzunehmen[2]), dass die relative Freiheit des Wassers von animalischer Verunreinigung die prädisponirende Ursache des Typhus gewesen sei?

---

1) Dr. Thorne, Thorne's Report to te Local Government Board, 7th April 1879.

2) Diese Zeitschrift Bd. 13 S. 502.

Was Lewin unter physikalisch gebundenen Körpern versteht, welche bei der Wasserreinigung aus ihren Verbindungen zu isoliren seien (S. 485), ist mir, wie wohl manchem anderen Chemiker, nicht verständlich. Die wichtigste, die physiologische Seite der Wasserreinigung, ist ihm an der angeführten Stelle entgangen. Seine Ansicht, dass wir nicht im Stande sind, die wirklich oder vermeintlich schädlichen organischen Substanzen „genau“ zu bestimmen (S. 484), möchte ich dahin ausführen, dass wir die organische Substanz im Wasser überhaupt gar nicht zu bestimmen vermögen, sondern nur einzelne Bestandtheile derselben. Die Anspielung auf die veraltete Kaliumpermanganatprobe trifft übrigens wesentlich ganz besonders die deutschen Collegen, welche, wie Dr. Emmerich, mit Hilfe derselben zu dem eigenthümlichen Resultat gelangen, dass die organische Substanz beinahe viermal so viel als der ganze Trockenrückstand betragen könne (S. 592 dieser Zeitschrift). Von England ging meines Wissens die Verurtheilung dieser Methode aus, und hier wird sie glücklicherweise nur selten, in der Regel als zusätzliches Hilfsmittel angewandt. Bemerkenswerth ist übrigens, dass Lewin in einer Arbeit über Reinigung von Trinkwasser, wo es also doch auf den Vergleich zwischen filtrirtem und unfiltrirtem Wasser ankommt, auch nicht eine einzige Wasseranalyse irgend welcher Art bietet.

Bei Besprechung der reinigenden Wirkung von Sandfiltern (S. 487) macht Lewin das Versehen, die chemische Wirkung des im Wasser gelösten oder sonst in den Poren des Filtrirmaterials befindlichen Sauerstoffs ganz unberücksichtigt zu lassen. Bei seinem Lobe der Knochenkohle als Reinigungsmittel übersieht er alle Untersuchungen, die ihm nicht passen, wie die von Mr. Byrne, Mr. Chapmann, Dr. de Chaumont, Dr. Frankland, Dr. Lane Notter u. s. w., welche einerseits das rasche Aufhören der reinigenden Wirkung der Knochenkohle darthun, sowie namentlich auch, dass ihr die abgeschiedenen organischen Unreinigkeiten durch Wasser wieder entzogen werden können. Später freilich gesteht er das leichte Sättigungsvermögen der Kohle ein und bekundet seine Kenntniss desselben dadurch, dass er bei den zum Vergleich ausgeführten Versuchen (S. 488 I.) die Kohle bei jedem dritten Ex-

periment wechselt. Meine ihm bekannten Versuche über den negativen physiologischen Reinigungswerth der Knochenkohle[1]), d. h. über die Vermehrung des wichtigen organisirten Theiles der organischen Verunreinigung durch Filtration eines Wassers durch Knochenkohle, widerlegt der Verfasser nicht, sondern übergeht sie einfach.

Ebenso ergeht es meinen Versuchen über die Einwirkung des Eisenoxydhydrates auf organische Materie[2]). Den Auseinandersetzungen Lewin's entgegen liegt Grund zu der Annahme vor, dass das Eisenoxydhydrat nach bekannten chemischen Gesetzen gerade im Status nascens, welcher im Eisenschwammfilter immerfort angenommen werden muss, besonders energisch zersetzend wirkt. Bezüglich der Wirkung des Eisenoxydhydrates entwickelt Lewin endlich, um den von ihm angestrebten Beweis zu erbringen, die besonders für einen Arzt eigenthümliche Ansicht, dass Harn die gewöhnlichen Stadien der Zersetzung durchläuft, wenn er sich sechs Tage lang vollkommen intact erhält (S. 491 u. 492).

Schwer verständlich ist die Annahme der Möglichkeit (S. 500), dass bei grösserer Concentration des Harns, unter sonst gleichen Bedingungen der Filtration, eine grössere Reinigung als bei geringerer Concentration hätte erwartet werden können. Das heisst doch seinen Durst mit Salzwasser löschen!

Die Bemerkung (S. 495), dass der Eisenschwamm „nur" aus metallischem Eisen bestehe, ist selbstredend unrichtig. Er enthält selten mehr als 70% metallisches Eisen, der Rest ist Kohle, Gangart u. s. w. Ebenso unrichtig ist die Bemerkung, dass der Eisenschwamm im Hohofen gewonnen werde. Gebildet wird er natürlich in einer der Zonen desselben, aber nie ist Eisenschwamm in einem Hohofen gewonnen worden.

Nur flüchtig seien die Bemerkungen Lewin's über die von mir versuchten Erklärungsweisen der reinigenden Wirkung des

1) Proceedings of the Royal Society 1877 No. 180 u. 1878 No. 186. Diese Versuche sind unter anderm bestätigt in dem VI Report des Rivers Pollution Commission p. 220 und besonders in dem kürzlich erschienenen „Army Medical Report" 1877 Vol. 19 p. 170.

2) Proceedings of the Royal Society a. a. O. — Man vergleiche hierüber Sander, Handbuch der öffentlichen Gesundheitspflege S. 485.

Eisenschwammes berührt. Ich habe wiederholt gesagt, dass die Wirkung aus den Producten zu schliessen eine sehr complicirte ist, dass reducirende und oxydirende Processe im Gange sind. Lewin kann dies nicht verstehen, mir ist es leicht erklärlich. Denken wir uns ein mit Eisenschwamm gefülltes Gefäss, durch welches Wasser längere Zeit filtrirt hat. Oben wird jedes Stückchen Eisenschwamm mit einer mehr oder weniger dicken Oxydschicht bedeckt sein. Hier kann ich mir eine Oxydation der organischen Materie vorstellen, wie ich sie durch Versuche wahrscheinlich gemacht habe. Im unteren Theile, wo das Wasser mit metallischem Eisen in Berührung kommt, muss sich natürlich eine reducirende Wirkung äussern.

Der gezwungene Vergleich mit Cyankalium (S. 497) soll die Wirkung des Eisenschwammes herabsetzen, ist aber nicht zutreffend. Nur dann würde er richtig sein, wenn unreines Wasser sich an und für sich, etwa beim Stehen in einem Glasgefässe, ebenso reinigte wie bei Filtration durch Eisenschwamm. Dies widerspricht der Erfahrung, welche Lewin, wie wir zeigen werden, durch absolut nichts widerlegt; also fällt sein Argument zusammen.

Bezüglich der von Lewin gewählten Versuche mit dem Eisenschwammfilter erscheint die Angabe beinahe unglaublich, dass Ammon in dem filtrirten Harn nie aufzufinden war, wenngleich ich natürlich nicht bezweifle, dass er es nicht finden konnte. Nach Neubauer und Vogel[1]) besteht die Schwierigkeit der Bestimmung der Ammonsalze im normalen Harn eben darin, dass sich so leicht durch Zersetzung kohlensaures Ammon bildet. Sie geben deshalb an, dass man in dem Destillate von Harn, welcher bei möglichst niedriger Temperatur concentrirt wird, immer Ammon finde. Nach Gorup-Besanez[2]) enthält der Harn im Mittel aus zahlreichen an verschiedenen Individuen angestellten Beobachtungen 0,4^{g} Ammon im Liter. Wo soll allein eine so bedeutende Menge hingekommen sein, um so mehr, da es eine bekannte Erfahrung ist[3]), dass selbst in Folge von Filtration von Trinkwasser durch

1) Analyse des Harns S. 61.

2) Physiologische Chemie S. 530.

3) Chemical News, January 4th 1878 und folgende Nummern.

Eisenschwamm Ammonbildung in der Regel in ganz bedeutendem Maasse stattfindet? War aber Ammon, waren vielleicht sogar Nitrate und Nitrite in den Filtraten anwesend, dann hat die Bestimmung des Gesammtstickstoffs keinen Werth mehr, da er mehr oder weniger diese unorganischen Zersetzungsproducte einschliessen würde. Ein solches Versehen wäre viel leichter verständlich als die Angabe Lewin's, er habe in dem „verdünnten Harn“ (Vers. I) 8,1625g, dagegen in dem „concentrirteren“ Harn (Vers. II) nur 6,1775g Gesammtstickstoff im Liter gefunden.

Nicht glücklicher war Lewin mit seinen Versuchen über die Abscheidung von Blei aus Trinkwasser durch Eisenschwamm. Das Blei ist wohl vielleicht immer an Kohlensäure gebunden, in überschüssiger Kohlensäure gelöst, im Wasser vorhanden. Das Laboratoriumexperiment Lewin's ist also den praktischen Verhältnissen jedenfalls nur in den seltensten Fällen angepasst. Noch weniger hat der Versuch mit Blei in alkalischer Lösung irgend welche Beziehung zur Trinkwasserfrage. Nach Lewin würde bleifreies Wasser, durch mit gefälltem Blei überzogenen Eisenschwamm filtrirt, ebenso leicht Blei aufnehmen als in Bleiröhren. Er scheint also nicht zu wissen, dass eine Wiederlösung des Blei erst dann eintreten könnte, wenn kein metallisches Eisen mehr im Eisenschwamm vorhanden wäre, ein Fall, der bei vernünftigem Gebrauch eines Filters nie eintreten wird.

Es wäre ein Leichtes gewesen, in der Abhandlung Lewin's noch eine grosse Anzahl von Ungenauigkeiten nachzuweisen. Begnügen wir uns mit dem Hinweis auf noch einen einzigen Punkt.

Selbstredend, und wie in den Lewin übergebenen Druckschriften ausdrücklich hervorgehoben ist, steht die reinigende Wirkung des Eisenschwammes im Verhältniss zu der Länge der Berührung mit dem zu reinigenden Wasser. Ein Blick auf den Filterdurchschnitt in der Abhandlung Lewin's (S. 494) zeigt, wie diese Berührung mit ganz besonderer Genauigkeit in dem Eisenschwammfilter gesichert worden ist. Der Durchgang des Wassers durch den Eisenschwamm wird aber erst regulirt, wenn der ganze obere Theil des Apparates, wie beim praktischen Gebrauch, mit Wasser gefüllt ist.

Was hat nun Lewin gethan? S. 498 lesen wir, dass beim Beginn der Versuche nur die Filtrationsmedien und das innere, den Eisenschwamm haltende Gefäss (bis zur Ausflussöffnung) mit Wasser gesättigt waren. Der Raum unter dem inneren Gefässe und um dasselbe herum war also nicht mit Wasser gefüllt. Ich bereitete ein Filter derselben Grösse wie das von Lewin benutzte auf eben diese Weise vor. Als ich dann Wasser in das innere Gefäss goss, liefen nahe 3 Liter, so rasch als ich sie einschütten konnte, durch den Eisenschwamm durch, ehe das Filter hinreichend gefüllt war, um die Regulation des Durchflusses durch den Eisenschwamm wirksam zu machen. Kein Wunder, dass auf solche Weise die Bacterien durch den Eisenschwamm nicht vollständig zerstört werden konnten. Die von Lewin im Maximum zu seinen Versuchen auf einmal eingegossenen 2 Liter Flüssigkeit liefen eben ohne jede Regulation, wahrscheinlich so rasch er sie nur einschütten konnte, durch den Eisenschwamm hindurch.

Sicher ist dies wenigstens mit Ausnahme desjenigen Theiles der zu den Versuchen benutzten Flüssigkeiten, welches bis zu dem nachfolgenden Auswaschen in den Poren des Eisenschwammes zurückgehalten wurde. Wenn nun auch in Folge dieses zufälligen Umstandes ein Theil der Flüssigkeiten in längerer Berührung geblieben sein mag, so ist ferner in Betracht zu ziehen, dass bezüglich der dem Filter zugemutheten Arbeit die beim praktischen Gebrauch stattfindenden Verhältnisse noch viel weniger berücksichtigt wurden. Nach Lewin's Angabe enthielten die Harnproben zwischen 6 und 18g Stickstoff im Liter. Das London aus der Themse zugeführte Trinkwasser enthält nach Abzug des Stickstoffes, welcher als Salpetersäure oder salpetrige Säure vorhanden ist, etwa nur 0,0004g Stickstoff im Liter. Im Minimum enthielten also die Harnlösungen fünfzehntausend-, im Maximum fünfundvierzigtausendmal so viel organischen, durch das Filtrirmaterial zu zersetzenden Stickstoff, als das verrufene Themsewasser. Zu diesem enormen Unterschiede kommt noch, dass etwa in einem zu reinigenden Trinkwasser vorhandener Harn sicher schon in der Zersetzung begriffen ist, während Lewin frischen Harn benutzte. Ueberdies habe ich nie vorgeschlagen, man solle sich durch einen

Kreislauf des Wassers durch das Eisenschwammfilter vor anderer Wasserversorgung unabhängig machen, und demnach die Filter für die Reinigung von Trinkwasser, nicht aber von Harn eingerichtet.

Lewin hat also das Eisenschwammfilter nicht verstanden, er hat es nicht auf den Zweck geprüft, zu dem es bestimmt ist, er hat auch sonst die Bedingungen durchaus nicht eingehalten, unter denen es im praktischen Gebrauch angewendet wird; seine Versuche stehen in keinem directen Zusammenhang zu der Trinkwasserfrage, er hat sich die unmögliche analytische Angabe zu Schulden kommen lassen, dass er eine concentrirte Lösung verdünnter gefunden habe als nach Verdünnung mit Wasser. Ist mir der Nachweis dieser Punkte gelungen, so verzichte ich auf weitere Schlüsse aus seiner Abhandlung[1]).

1) Als praktischen Beleg der Richtigkeit meiner theoretischen Betrachtungen möchte ich nur noch auf einen officiellen Bericht hinweisen, welcher mir vor Kurzem von der kgl. preuss. Militärbehörde zuging. Es handelt sich um die Erfahrungen mit einem Eisenschwammfilter während einer Typhusepidemie zu Coblenz. Nachdem zuerst auf die Schwierigkeiten hingewiesen, welche dem Nachweise des Zusammenhanges zwischen Wasserreinigung und der Epidemie entgegenstehen, heisst es wörtlich: „Gleichwohl kann ich nicht umhin der Verbesserung des Trinkwassers durch das Eisenschwammfilter einen nicht zu unterschätzenden Antheil an der Vorbeugung und dem Ausbleiben neuer Erkrankungen an Typhus zuzuschreiben, zumal eine grössere Zahl chemischer Analysen unzweifelhaft nachgewiesen hat, dass durch die Filtration der Gehalt an organischer Substanz und an Salpetersäure erheblich vermindert und die Härtegrade herabgesetzt werden."

Theorie des natürlichen Luftwechsels.

Von

G. Recknagel.

(Aus den Sitzungsberichten der k. b. Akad. d. Wissenschaft. 6. Decbr. 1879.)

Dritte Abhandlung.

Ueber den Luftwechsel zweier Zimmer, welche, durch eine **verticale poröse Scheidewand** getrennt, neben einander liegen, im Uebrigen aber von freier ruhiger Luft umgeben sind.

1. Zur Erklärung der Aufgabe ist es dienlich, zunächst das Verhalten der verticalen Zwischenwand zu studiren.

Wir verfahren dabei ebenso wie in der zweiten Abhandlung, indem wir uns nämlich vorerst jedes der beiden Zimmer durch die Zwischenwand abgeschlossen in freier Umgebung denken und die Veränderungen nachweisen, welche in dem Verhalten der Zwischenwand dadurch eintreten, dass dieselbe beiden Zimmern gemeinschaftlich wird.

Das eine der beiden Zimmer von der Temperatur T und der Höhe H soll das Hauptzimmer heissen, das andere von der Temperatur T' und der Höhe H' sei das Nebenzimmer. Die Temperatur der freien Umgebung sei t.

Bezeichnet man mit P die ganze Gewichtsdifferenz

$$H\,1{,}293\,\frac{B}{760}\cdot\frac{T-t}{270+T+t}$$

zwischen der äusseren und inneren Luftsäule von der Höhe H (und 1^{qm} Grundfläche) und mit p_0 den Ueberdruck, welchen bei freier Umgebung die äussere Luft am Boden des Hauptzimmers über die innere Luft besitzt, so ist (gemäss der Gleichung des Luftwechsels)

$$p_0 = P\frac{l_2+\frac{1}{2}l_1}{L},$$

wobei L das gesammte Lüftungsvermögen des Zimmers, l_2 das der Decke, l_1 das der verticalen Begrenzung bezeichnet (vgl. Abhandl. II S. 34 ff. dieses Bandes).

In der beliebigen Höhe z über dem Boden ist der Ueberdruck der äusseren Luft über die innere:

$$p_0 - \frac{z}{H} P,$$

wobei ein negativer Werth dieses Ausdrucks anzeigt, dass in der betrachteten Höhe die innere Luft Ueberdruck über die äussere besitzt.

Ist ferner mit analoger Bedeutung der markirten Zeichen

$$P' = H' \, 1{,}293 \, \frac{B}{760} \cdot \frac{T' - t}{270 + T' + t},$$

$$p_0' = P' \frac{l_2' + \frac{1}{2} l_1'}{L'},$$

so ist

$$p_0' - \frac{z'}{H'} P'$$

der Ueberdruck, welchen bei freier Umgebung in der Höhe z' über dem Boden des Nebenzimmers die äussere Luft über die im Innern dieses Zimmers befindliche Luft besitzt.

Stellen wir uns nun vor, die Zwischenwand, welche wir bisher zu jedem der beiden Zimmer besonders hinzudachten, werde zum Theil gemeinschaftlich, und der Boden des Nebenzimmers liege um δ Meter tiefer als der des Hauptzimmers, so hat man, um einzuführen, dass man auch im Nebenzimmer die Stelle betrachten will, welche um z Meter über dem Fussboden des Hauptzimmers liegt, $z + \delta$ an die Stelle von z' zu setzen.

Dann giebt die Differenz

$$(p_0 - p_0') - \left[z \frac{P}{H} - (z + \delta) \frac{P'}{H'} \right]$$

den Ueberdruck, welchen an dem gemeinsamen Theile der Zwischenwand in der Höhe z über dem Fussboden des Hauptzimmers die Luft des Nebenzimmers über diejenige des Hauptzimmers besitzt. Ein negativer Werth der Differenz giebt die entgegengesetzte Richtung des Druckes an.

Dieser allgemeinere Ausdruck ist z. B. dann anzuwenden, wenn man die Druckvertheilung längs einer Wand berechnen will, welche in einem oberen Stockwerke das Stiegenhaus von einem Zimmer

oder geschlossenen Gange (Corridor) scheidet. Liegt die Wand zwischen zwei Zimmern des nämlichen Stockwerkes, so wird es zulässig sein,

$$\delta = 0, \quad H' = H$$

zu setzen, d. h. anzunehmen, dass beide Zimmer zwischen denselben beiden Horizontalebenen liegen. Dann reducirt sich der obige Ausdruck für den Ueberdruck, welcher in der Höhe z über der Ebene der Fussböden die Luft durch die Zwischenwand aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer treibt, auf

$$q = p_0 - p_0' - \frac{z}{H}(P - P').$$

Im Folgenden soll dieses einfachere Gesetz der Druckvertheilung angenommen werden. Die Resultate beschränken sich demnach auf den Fall, dass die beiden Zimmer zwischen denselben horizontalen Ebenen eingeschlossen sind.

2. Die Druckvertheilung (q) bezieht sich freilich nur auf den ersten Moment, nachdem man sich die vorher in freier Umgebung gedachten beiden Zimmer durch die Zwischenwand verbunden denkt. Dennoch dürfte eine Discussion derselben, durch welche wir eine Uebersicht über die möglichen Strömungen erhalten, die Deutlichkeit wesentlich fördern, zumal hier durch den Uebergang in den neuen Beharrungszustand an der ersten Druckvertheilung in der Regel nur wenig geändert wird. (Vgl. die Beispiele am Schluss d. Abhandl.)

Bestimmen wir zunächst die Höhe $\bar{z}$, in welcher die neutrale Linie der Zwischenwand liegt, so folgt aus

$$0 = p_0 - p_0' - \frac{\bar{z}}{H}(P - P')$$

$$\bar{z} = \frac{p_0 - p_0'}{P - P'} H.$$

Somit besitzt die gemeinschaftliche Wand nur dann thatsächlich eine neutrale Linie, wenn $p_0 - p_0'$ mit $P - P'$ von gleichem Vorzeichen und zugleich dem absoluten Werthe nach

$$p_0 - p_0' < P - P'$$

ist. In den übrigen Fällen hat der durch die gemeinschaftliche

Wand gehende Luftstrom in der ganzen Höhe der Wand die gleiche Richtung.

Diese Fälle sollen zunächst erörtert werden.

a) Ist die Temperatur in beiden Zimmern gleich hoch, so ist $P = P'$, und der Ueberdruck q ist in jeder Höhe der Zwischenwand gleich gross, nämlich gleich $p_0 - p_0'$. Somit geht in diesem Fall durch die Zwischenwand ein Luftstrom, welcher überall die gleiche Richtung und Stärke hat. Seine Richtung hängt davon ab, ob die Differenz $p_0 - p_0'$ positiv oder negativ ist. Ist sie positiv, dann strömt die Luft aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer, während das negative Vorzeichen die entgegengesetzte Richtung des Luftstroms anzeigt.

Fig. 4 giebt ein Bild der längs der Zwischenwand bestehenden Druckdifferenz, wenn diese Wand zwei Zimmer von gleich hoher

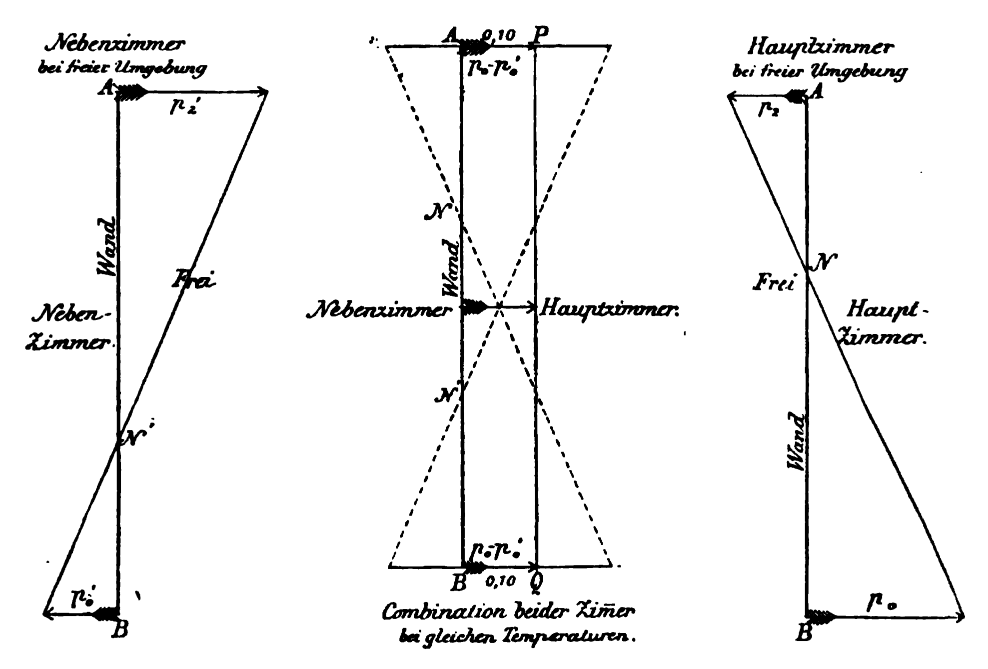


Fig. 4.

Temperatur trennt, deren neutrale Zonen (bei freier Umgebung) in den Höhen $BN = \frac{2}{3} H$ und $BN' = \frac{1}{3} H$ liegen. Die der Wand parallele PQ begrenzt die überall gleichen Ueberdrücke $(p_0 - p_0')$,

welche einen Luftstrom aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer treiben. Der Flächeninhalt des Rechtecks $APQB$ giebt ein Bild der stündlich durch die Wand strömenden Luftmenge, welcher er proportional ist.

b) Sind die Temperaturen beider Zimmer verschieden, so läuft die Drucklinie (wie PQ) der Wand AB nicht parallel; aber es kann vorkommen, dass ihr Schnittpunkt in die Verlängerung der Wand AB und zwar entweder unter B hinab oder über A hinausfällt. Ersteres ist der Fall, wenn das Vorzeichen von $p_0 - p_0'$ von dem Vorzeichen der Differenz $P - P'$ verschieden ist, letzteres, wenn die Vorzeichen zwar gleich sind, aber absolut

$$p_0 - p_0' > P - P'.$$

Fig. 5 giebt ein Bild der Druckvertheilung längs der Zwischenwand AB derselben beiden Zimmer, welche in Fig. 4 behandelt sind. Das Nebenzimmer hat noch die frühere Temperatur, im Hauptzimmer aber ist sie um ca. 4° tiefer als vorhin angenommen, so dass nun für letzteres

$$p_0 = 0{,}16, \quad P = 0{,}24,$$

während für das Nebenzimmer die früheren Werthe ($p_0' = 0{,}10$, $P' = 0{,}30$) verbleiben.

Da $p_0 - p_0' = 0{,}06$, $P - P' = -0{,}06$, so wird $\bar{z} = -H$, und es convergirt die Drucklinie PQ gegen AB nach einem um die Strecke H unterhalb des Bodens liegenden Punkte.

Die Luft strömt unter dem mittleren Ueberdruck

$$p_0 - p_0' - \frac{P - P'}{2} = 0{,}09$$

vom Nebenzimmer in das Hauptzimmer, und das Trapez $APQB$ stellt wiederum die Stärke dieses Luftstromes dar.

Fig. 5.

Fig. 6 veranschaulicht den durch die Werthe

$$p_0 = 0{,}24 \qquad p_0' = 0{,}10$$
$$P = 0{,}36 \qquad P' = 0{,}30$$

gegebenen Fall, wobei wiederum das Nebenzimmer seine vorige Temperatur hat, während das Hauptzimmer um 4° wärmer ist als bei Fig. 4 vorausgesetzt wurde.

Da $p_0 - p_0' = 0,14, \quad P - P' = 0,06,$

so schneidet die Drucklinie QP die Wand BA in einem $\frac{7}{8} H$ über dem Boden liegenden Punkt, und ein überall gleich gerichteter Luftstrom, dessen Stärke durch den Inhalt des Trapezes $APQB$ dargestellt ist, wird von dem mittleren Ueberdruck 0,11 vom Nebenzimmer in das Hauptzimmer getrieben.

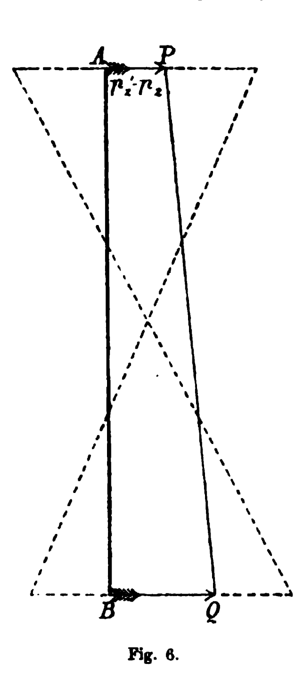


Fig. 6.

Die Fälle, in welchen der Zwischenwand die neutrale Linie fehlt, haben das Gemeinsame, dass die Frage, nach welcher Seite der Luftstrom geht, durch das Vorzeichen von $p_0 - p_0'$ allein entschieden wird. Der mittlere Ueberdruck ist dabei stets von der Grösse

$$p_0 - p_0' - \frac{P - P'}{2}.$$

3. Besitzt die Zwischenwand eine neutrale Linie, so hat der Luftstrom unterhalb derselben die dem oberen entgegengesetzte Richtung, und zwar strömt die Luft unten aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer, wenn

$$p_0 - p_0'$$

positiv ist, während ein negativer Werth dieser Druckdifferenz die umgekehrte Richtung anzeigt.

Es kann somit der Fall eintreten, dass die Luft an allen übrigen verticalen Wänden eines Zimmers unten einströmt und oben abströmt, während nur an der Zwischenwand, welche das Zimmer von einem anderen scheidet, die Richtungen umgekehrt sind, nämlich die Luft durch den oberen Theil der Zwischenwand ein-, durch den unteren ausströmt.

Fig. 7 stellt den Fall dar, wo die Zwischenwand eine neutrale Linie besitzt und das Nebenzimmer den eben beschriebenen eigenthümlichen Luftwechsel hat.

Die Figur ist nach den Daten

$$p_0 = 0{,}20 \qquad P = 0{,}30$$
$$p_0' = 0{,}03 \qquad P' = 0{,}09$$

gezeichnet und bezieht sich demnach ebenfalls auf die in den vorausgehenden Figuren angenommenen Zimmer. Das Hauptzimmer ist wieder in seinem anfänglichen Zustand (Fig. 4) gedacht, die Temperatur des Nebenzimmers aber um ca. 14° tiefer, also nur noch um 6° höher als die Temperatur der freien Umgebung.

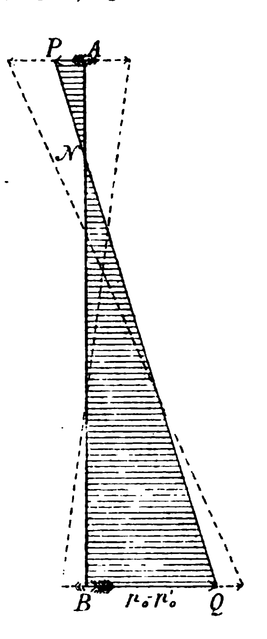


Fig. 7.

Es ist leicht zu beweisen, dass in allen Fällen, wo die Zwischenwand, welche zwei Zimmer von gleicher Höhe trennt, eine neutrale Linie hat, der durch die Zwischenwand vor sich gehende Luftwechsel in demjenigen der beiden Zimmer bezüglich der Richtung der Luftströme dem freien ähnlich bleibt, welches die höhere Temperatur hat.

Denn die Existenz der neutralen Linie setzt voraus, dass $p_0 - p_0'$ gleiches Vorzeichen mit $P - P'$ hat. Da die Zimmer gleich hoch sind, so ist $P - P'$ positiv oder negativ, je nachdem die Temperatur im Hauptzimmer oder im Nebenzimmer höher ist. Somit ist unter denselben Bedingungen auch die Differenz $p_0 - p_0'$ positiv oder negativ, und da deren Vorzeichen die Richtung der unteren Strömung bedingt, so erfolgt unten Einströmung in das Hauptzimmer oder in das Nebenzimmer, je nachdem ersteres oder letzteres die höhere Temperatur hat.

4. Bisher wurde die Druckvertheilung längs der Zwischenwand betrachtet, wie sie im ersten Moment stattfindet, nachdem die beiden Zimmer, die man sich vorher einzeln in freier Umgebung dachte, eben an einander gestossen wurden.

Nimmt in Folge der aus der Combination resultirenden Druckvertheilung (q) die Menge der durch die Zwischenwand in eines

der beiden Zimmer **eintretenden** Luft stärker zu oder ab als die Menge der durch dieselbe Wand **austretenden** Luft, so ist das Gleichgewicht, welches bei freier Umgebung zwischen ein- und ausströmender Luft bestand, gestört, und es stellt sich (durch Verlegung der neutralen Linien) ein **neuer Beharrungszustand** her.

Wir nehmen an, dass dieser neue Beharrungszustand eingetreten sei, wenn p_0 in $p_0 + \gamma$ und p_0' in $p_0' + \varrho$ übergegangen sind, und suchen γ und ϱ aus den Gleichungen des Luftwechsels beider Zimmer zu bestimmen.

a) Behufs Formirung dieser Gleichungen soll zunächst vorausgesetzt werden, dass die Zwischenwand eine neutrale Linie und das Hauptzimmer die höhere Temperatur habe. Die Veränderungen, welche etwa vorzunehmen sind, wenn diese Voraussetzungen nicht erfüllt sind, sollen später (unter b und c) besonders angegeben werden.

Nach Eintritt des Beharrungszustandes liegt die neutrale Linie der Zwischenwand in der Höhe

$$\frac{(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)}{P - P'} H,$$

während an den übrigen verticalen Wänden des **Hauptzimmers** der Rest der neutralen Zone in der Höhe

$$\frac{p_0 + \gamma}{P} H,$$

im Nebenzimmer dagegen in der Höhe

$$\frac{p_0' + \varrho}{P'} H$$

liegt. Bezeichnet man mit λ das Lüftungsvermögen der Zwischenwand und setzt der Kürze halber

$$p_2 = P - p_0$$
$$p_2' = P' - p_0$$

so erhält man für den **Luftwechsel des Hauptzimmers** die Gleichung

$$\left.\begin{aligned} l_0 (p_0 + \gamma) + (l_1 - \lambda) \frac{(p_0 + \gamma)^2}{2P} + \lambda \frac{[(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)]^2}{2(P - P')} = \\ = l_2 (p_2 - \gamma) + (l_1 - \lambda) \frac{(p_2 - \gamma)^2}{2P} + \lambda \frac{[(p_2 - \gamma) - (p_2' - \varrho)]^2}{2(P - P')}, \end{aligned}\right\} \quad (1$$

in welcher links das erste Glied die durch den Boden (vom Lüftungsvermögen l_0), das zweite die durch den unteren Theil der verticalen Begrenzung, auschliesslich der Zwischenwand, das dritte die durch den unteren Theil eben dieser Zwischenwand in das Hauptzimmer eintretende Luftmenge bezeichnet. Die Glieder auf der rechten Seite geben die ausströmende Luftmenge und beziehen sich der Reihe nach auf die Decke, den oberen Theil der freien verticalen Begrenzung und den oberen Theil der Zwischenwand.

Der stationäre Luftwechsel des Nebenzimmers ist dargestellt durch die Gleichung

$$\left.\begin{aligned} l_0'(p_0'+\varrho)+(l_1'-\lambda)\frac{(p_0'+\varrho)^2}{2P'}+\lambda\frac{[(p_2-\gamma)-(p_2'-\varrho)]^2}{2(P-P')} &= \\ = l_2'(p_2'-\varrho)+(l_1'-\lambda)\frac{(p_2'-\varrho)^2}{2P'}+\lambda\frac{[(p_0+\gamma)-(p_0'+\varrho)]^2}{2(P-P')}, & \end{aligned}\right\} (2$$

in welcher die drei Glieder der linken Seite der Ordnung nach die Einströmung durch den Boden, den unteren Theil der freien verticalen Begrenzung und den oberen Theil der Zwischenwand angeben, während die drei Glieder der rechten Seite die durch die übrige Begrenzung ausströmende Luftmenge ausdrücken. Die dritten Glieder sind mit denen der Gleichung (1) identisch, haben aber die Seiten gewechselt.

Zum Zweck der Auflösung nach γ und ϱ vereinfachen wir die Gleichungen (1 und (2 zunächst durch Zusammenziehen der Glieder, welche gleiche Nenner haben, und erhalten:

$$\left.\begin{aligned} l_0(p_0+\gamma)+\frac{1}{2}(l_1-\lambda)(p_0-p_2+2\gamma) &= \\ = l_2(p_2-\gamma)-\frac{\lambda}{2}[(p_0-p_2)-(p_0'-p_2')+2(\gamma-\varrho)] & \end{aligned}\right\} (1\,a$$

$$\left.\begin{aligned} l_0'(p_0'+\varrho)+\frac{1}{2}(l_1'-\lambda)(p_0'-p_2'+2\varrho) &= \\ = l_2'(p_2'-\varrho)+\frac{\lambda}{2}[(p_0-p_2)-(p_0'-p_2')+2(\gamma-\varrho)]. & \end{aligned}\right\} (2\,a$$

Durch Berücksichtigung der Gleichungen des freien Luftwechsels, nämlich

$$\left\{\begin{array}{l} l_0 p_0 + \frac{1}{2} l_1 (p_0 - p_2) = l_2 p_2 \\ l_0' p_0' + \frac{1}{2} l_1' (p_0' - p_2') = l_2' p_2' \end{array}\right\},$$

werden die einfachen Formen gewonnen:

$$L\gamma - \lambda\varrho = \frac{\lambda}{2}(p_0' - p_2') \tag{1b}$$

$$L'\varrho - \lambda\gamma = \frac{\lambda}{2}(p_0 - p_2). \tag{2b}$$

Aus diesen folgt endlich

$$\gamma = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L'(2p_0' - P') + \lambda(2p_0 - P)}{LL' - \lambda^2}$$

$$\varrho = \frac{\lambda}{2} \cdot \frac{L(2p_0 - P) + \lambda(2p_0' - P')}{LL' - \lambda^2}.$$

b) Da bei Aufstellung der Gleichungen (1) und (2) die Voraussetzung gemacht wurde, dass die Temperatur des Hauptzimmers höher sei als die des Nebenzimmers ($P > P'$), so scheinen ohne weiteren Nachweis auch die daraus abgeleiteten Werthe von γ und ϱ an jene Voraussetzung gebunden. Es soll gezeigt werden, dass eine solche Beschränkung nicht stattfindet.

Denn ist die Temperatur des Nebenzimmers die höhere, also $P' > P$, so ändern in beiden Gleichungen die dritten Glieder ihre Vorzeichen, und wir wissen zugleich aus Nr. 3, dass die durch die Zwischenwand vor sich gehenden Luftströmungen ihre Richtungen wechseln. Setzt man demnach jedes dritte Glied mit verändertem Vorzeichen auf die andere Seite seiner Gleichung, so erhält man diejenigen Gleichungen des Luftwechsels, welche der Voraussetzung $P' > P$ entsprechen. Letztere sind demnach nur Umformungen der Gleichungen (1) und (2).

c) Es soll nun bewiesen werden, dass die abgeleiteten Werthe von γ und ϱ auch dann richtig sind, wenn der Zwischenwand die neutrale Linie fehlt.

Ist letzteres der Fall, so ist die Strömung durch die Zwischenwand durchaus einseitig, und es besteht jede der beiden Gleichungen des Luftwechsels nur aus fünf Gliedern. Vier derselben beziehen

sich auf freie Begrenzungen und haben die gleiche Form wie die analogen Glieder der Gleichungen (1) und (2), das fünfte stellt die Luftmenge dar, welche durch die Zwischenwand geht, ist in beiden Gleichungen identisch und von der Form

$$\frac{\lambda}{2}[(p_0+\gamma')-(p_0'+\varrho')+(p_2'-\varrho')-(p_2-\gamma')],$$

welche man erhält, wenn man das Lüftungsvermögen λ mit dem arithmetischen Mittel der unten und oben bestehenden Ueberdrücke multiplicirt. Dabei sind die durch den neuen Beharrungszustand gegebenen Zuwächse von p_0 und p_0' vorläufig mit γ' und ϱ' bezeichnet.

Derselbe Ausdruck wird aber auch erhalten, wenn man die dritten Glieder der Gleichungen (1) und (2) zusammenzieht (vgl. die letzten Glieder der Umformungen 1a und 2a) und ϱ und γ durch die markirten ϱ' und γ' ersetzt.

Folglich ergeben sich unter der Voraussetzung, dass die neutrale Linie in der Zwischenwand fehlt, Gleichungen, welche lediglich Umformungen der Gleichungen (1) und (2) sind, und somit für die hier angenommenen Veränderungen γ' und ϱ' die für γ und ϱ abgeleiteten Werthe.

5. Will man den Luftwechsel beider Zimmer aus ihren Temperaturen (T, T') der Temperatur (t) der Umgebung und aus den Dimensionen und Durchlässigkeiten berechnen, so hat man zunächst P und P' aus den Formeln

$$P = H\,1{,}293\,\frac{B}{760}\cdot\frac{T-t}{270+T+t}$$

$$P' = H'1{,}293\,\frac{B}{760}\cdot\frac{T'-t}{270+T'+t}$$

herzustellen, wobei H die (gemeinschaftliche) Höhe der Zimmer und B den Barometerstand bezeichnet. Sodann werden die Lüftungsvermögen gefunden, indem man die Flächen der drei Hauptbegrenzungen (Boden, Decke, verticale Wände), sowie der Zwischenwand mit den zugehörigen Durchlässigkeiten multiplicirt. Dann ergiebt sich

$$p_0 = P \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{L}$$

$$p_0' = P' \frac{l_2' + \frac{1}{2} l_1'}{L'}$$

und $p_1 = P - p_0$, $p_1' = P' - p_0'$.

Hierauf erhält man die Werthe von γ und ϱ aus den obigen Formeln.

Nun ist zu untersuchen, ob

$$(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)$$

mit $P - P'$ von gleichem Vorzeichen ist, und ferner, wenn dieses der Fall ist, ob zugleich der absolute Werth von $(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)$ kleiner ist als der von $P - P'$.

Sind beide Bedingungen erfüllt, dann kann jede Seite der Gleichung (1) als Formel für den Luftwechsel des Hauptzimmers und jede Seite der Gleichung (2) als Formel für den Luftwechsel des Nebenzimmers benützt werden; nur hat man, wenn die dritten Glieder negativ ausfallen (weil etwa ($T' > T$), dieselben unter Aenderung des Vorzeichens mit einander zu vertauschen. Ist hingegen eine der beiden Bedingungen nicht erfüllt, so ist an die Stelle des dritten Gliedes die Differenz der beiden dritten Glieder und zwar da zu setzen, wo sie positiven Werth erhält.

6. Schliesslich ist noch des extremen Falles zu gedenken, wo durch die Zwischenwand oder einen Theil derselben so viel Luft strömt, dass, um eine äquivalente Gegenströmung hervorzubringen, alle übrigen Wände des Zimmers sich in einem und demselben Sinn am Luftwechsel betheiligen müssen.

Dieser Fall kündigt sich für das Hauptzimmer dadurch an, dass γ grösser wird als p_1, oder dadurch, dass $(-\gamma)$ grösser als p_0, und für das Nebenzimmer dadurch, dass ϱ den Werth p_1' oder $-\varrho$ den Werth p_0' überschreitet.

Zunächst ergiebt eine besondere, den bisher zu solchen Zwecken angestellten analoge Betrachtung, dass die Werthe von γ und ϱ ihre Giltigkeit nicht verlieren.

Bei Berechnung des Luftwechsels sind stets diejenigen beiden Glieder, welche sich auf den freien Theil der verticalen Begrenzung beziehen (also die zweiten Glieder der Gleichungen 1 und 2) in eines zusammenzuziehen und das erhaltene Glied

auf diejenige Seite zu setzen, wo es positiv ist. Sodann ist zu unterscheiden, ob die Zwischenwand eine neutrale Linie hat oder nicht. Dieselbe ist bekanntlich vorhanden, wenn $(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)$ mit der Differenz $P - P'$ von gleichem Vorzeichen und kleiner ist als letztere. Ist diese Bedingung erfüllt, dann bleiben die dritten, mit λ multiplicirten Glieder der Gleichungen (1) und (2) getrennt, und wenn sämmtliche Glieder, wie es sein muss, so versetzt sind, dass sie positive Werthe erhalten, wird eines dieser dritten Glieder allein auf einer Seite stehen, während auf der anderen Seite die vier anderen Glieder der Gleichung auftreten.

Dieser Fall ist z. B. im Nebenzimmer gegeben, wenn dasselbe abgeschlossen ist und die Temperatur der freien Umgebung hat, während die Temperatur des Hauptzimmers höher ist.

Hat die Zwischenwand keine neutrale Linie, so sind auch die dritten Glieder der Gleichungen (1) und (2) zu einem Glied zu vereinigen und die betreffende Gleichung hat nur noch vier Glieder, von welchen sich eines auf den Fussboden, eines auf die Decke, eines auf die freie verticale Begrenzung bezieht, während das vierte, welches der Summe der drei vorigen gleich ist; die durch die Zwischenwand strömende Luftmenge darstellt.

Will man in diesem Falle bloss die absolute Grösse des Luftwechsels eines Zimmers, ohne darnach zu fragen, in welchem Maasse sich die einzelnen Begrenzungen daran betheiligen, so genügt es offenbar, die Zwischenwand allein in Betracht zu ziehen.

7. Im Allgemeinen darf bemerkt werden, dass der Einfluss, welchen ein Nebenzimmer auf die Grösse des Luftwechsels eines Zimmers hat, um so geringer ist, je kleiner das Lüftungsvermögen (λ) der Zwischenwand im Verhältniss zu den Gesammtlüftungsvermögen (L, L') ist. In sehr vielen Fällen, wo es nur auf die Gesammtgrösse des Luftwechsels ankommt und das Verhalten der Zwischenwand nicht an und für sich interessirt, kann der Einfluss des Nebenzimmers ganz vernachlässigt werden.

Zur Begründung dieser Behauptung und Veranschaulichung des Ganges der Rechnung sollen einige Beispiele, welchen erfahrungsgemässe Voraussetzungen zu Grunde gelegt sind, vollständig durchgerechnet werden.

Beispiele.

1. Von zwei Zimmern, welche, durch eine verticale Wand von 7 m Länge und 3,6 m Höhe getrennt, neben einander liegen, ist das eine, welches wir das Hauptzimmer nennen wollen, 5 m, das andere, das Nebenzimmer 7,5 m breit.

Die Durchlässigkeit der verticalen Begrenzungen ist 3,0, die der Decken 6,0; hingegen sind die Durchlässigkeiten der Fussböden verschieden, im Hauptzimmer 15,7, im Nebenzimmer 1,51.

Daraus berechnen sich zunächst die Lüftungsvermögen:

a) für das Hauptzimmer

Boden	$l_0 = 35 \cdot 15{,}7$	$= 549{,}5$
vert. Wände	$l_1 = 24 \cdot 3{,}6 \quad 3$	$= 259{,}2$
Decke	$l_2 = 35 \cdot 6$	$= 210{,}0$
Total	$L = l_0 + l_1 + l_2$	$= 1018{,}7$

für die Zwischenwand allein

$$\lambda = 7 \cdot 3{,}6 \cdot 3 = 75{,}6;$$

b) für das Nebenzimmer

Boden	$l_0' = 52{,}5 \cdot 1{,}51$	$= 79{,}2$
vert. Wände	$l_1' = 29 \cdot 3{,}6 \cdot 3$	$= 313{,}2$
Decke	$l_2' = 52{,}5 \cdot 6$	$= 315{,}0$
Total	$L' = l_0' + l_1' + l_2'$	$= 707{,}4$

Ueber die Temperaturen sollen der Reihe nach zwei verschiedene Annahmen gemacht werden. Der ersteren gemäss haben beide Zimmer die gleiche Temperatur, welche beträchtlich höher ist als die Temperatur der Umgebung. Die zweite hingegen setzt für das Nebenzimmer die Temperatur der Umgebung voraus.

Erste Annahme. Beide Zimmer haben die gleiche Temperatur von 20° C., die freie Umgebung hat 0° C., der Barometerstand ist 740 mm.

Dann ist die Gewichtsdifferenz zwischen den inneren und äusseren Luftsäulen von der Basis 1 qm und der Höhe 3,6 m

$$P = P' = 3{,}6 \cdot 1{,}293 \; \frac{740}{760} \cdot \frac{20}{290} = 0{,}313^{\text{kg}}.$$

Ferner berechnet man die bei freier Umgebung am Boden und an der Decke vorhandenen Ueberdrücke aus den Gleichungen

$$p_0 = P \frac{l_2 + \frac{1}{2} l_1}{L} = 0{,}1043^{\text{kg}}$$

$$p_2 = P - p_0 \qquad = 0{,}2087$$

$$p_0' = P' \frac{l_2' + \frac{1}{2} l_1'}{L} = 0{,}2087$$

$$p_2' = P' - p_0' \qquad = 0{,}1043.$$

Die durch die Combination beider Zimmer bewirkten Veränderungen (γ und ϱ) der freien Ueberdrücke findet man aus den Formeln in Nr. 4a:

$$\gamma = 37{,}8 \frac{707{,}4\,(0{,}417 - 0{,}313) + 75{,}6\,(0{,}209 - 0{,}313)}{1018{,}7 \cdot 707{,}4 - (74{,}6)^2} = 0{,}0035$$

$$\varrho = 37{,}8 \frac{1018{,}7\,(0{,}209 - 0{,}313) + 75{,}6\,(0{,}417 - 0{,}313)}{1018{,}7 \cdot 707{,}4 - (75{,}6)^2} = -0{,}0052.$$

Schon der geringe Betrag dieser Druckänderungen, der auf der Grenze des manometrisch Nachweisbaren liegt, beweist, dass durch die Combination der beiden Zimmer nur geringe Veränderungen im Luftwechsel derselben eintreten. Jedoch interessirt uns das Verhalten der Zwischenwand, weil es uns belehrt, inwieweit der Bewohner eines Zimmers von der Beschaffenheit der Luft beeinflusst werden kann, die sich in einem anstossenden Zimmer befindet.

Um dieses zu ermitteln, haben wir der in Nr. 5 gegebenen Anleitung gemäss die Differenz

$$(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho) = -0{,}0957$$

mit $P - P' = 0$ zu vergleichen.

Da der erstere Werth numerisch grösser ist als der zweite, so fehlt der Zwischenwand die neutrale Linie, und das negative Vorzeichen sagt aus, dass der durchaus gleich gerichtete Luftstrom, welcher durch die Zwischenwand fliesst, aus dem Hauptzimmer in das Nebenzimmer gerichtet ist.

Was seine Quantität betrifft, so folgt aus den allgemeinen Erwägungen in Nr. 2a, dass dieselbe durch

$$-\lambda\,[(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)]$$

gegeben ist. Dasselbe erhält man auch, wenn man der in Nr. 5 gegebenen Regel gemäss die dritten Glieder der Gleichung des Luft-

wechsels (des Hauptzimmers) auf der Seite der Ausströmung zusammenzieht. Es ist nämlich

$$\lambda \frac{[(p_1 - \gamma) - (p_1' - \varrho)]^2}{2(P - P')} - \lambda \frac{[(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)]^2}{2(P - P')} =$$

$$= \frac{\lambda}{2}[(p_1 - \gamma) - (p_1' - \varrho) - (p_0 + \gamma) + (p_0' + \varrho)]$$

und da

$$p_1 = P - p_0, \quad p_1' = P' - p_0', \; P = P',$$

so folgt

$$= \lambda\,[(p_0' + \varrho) - (p_0 + \gamma)]$$

wie oben.

Die Zahlenrechnung giebt 7,2 cbm pro Stunde, welche durch die Zwischenwand nach dem Nebenzimmer abfliessen, während aus diesem keine Luft in das Hauptzimmer übergeht.

Der Art nach gleich wird der Effect in der Regel sein, wenn zwei Zimmer von gleicher oder wenig verschiedener Temperatur neben einander liegen, welche bei gleicher Durchlässigkeit der Decken verschiedene Durchlässigkeiten der Fussböden haben. Der Strom durch die Zwischenwand ist einseitig und geht in dasjenige der beiden Zimmer hinein, dessen Fussboden die geringere Durchlässigkeit hat.

Um den Gesammtluftwechsel des Hauptzimmers zu finden, haben wir noch die Luftmenge

$$(l_1 - \lambda)\frac{(p_1 - \gamma)^2}{2P} = 12{,}3^{\text{cbm}}$$

zu berechnen, welche durch den oberen Theil der übrigen verticalen Begrenzung abströmt, und endlich die Ausströmung durch die Decke

$$l_2(p_1 - \gamma) = 43{,}1^{\text{cbm}},$$

so dass der Luftwechsel des Hauptzimmers, nach der Ausströmung beurtheilt,

$$7{,}2 + 12{,}3 + 43{,}1 = 62{,}6^{\text{cbm}}$$

beträgt.

Bei allseitig freier Umgebung würde der Luftwechsel dieses Zimmers 61,8 cbm betragen, also nur um 0,8 cbm geringer sein.

Auch im Nebenzimmer, dessen Luftwechsel bei freier Umgebung

$$l_0' p_0' + l_1' \frac{p_0'^2}{2 P'} = 38{,}3^{\text{cbm}}$$

sein würde, wird durch die Combination eine kleine Zunahme erzielt, da sich sein Luftwechsel nunmehr zu

$$l_0' (p_0' + \varrho) + (l_1' - \lambda) \frac{(p_0' + \varrho)^2}{2 P'} + \lambda [(p_0' + \varrho) - (p_0 + \gamma)] = 39{,}0^{\text{cbm}}$$

berechnet. Hiervon kommen indessen nur $31{,}8^{\text{cbm}}$ aus dem Freien, die übrigen $7{,}2^{\text{cbm}}$ aus dem Hauptzimmer.

Zweite Annahme. Das Hauptzimmer habe wiederum die Temperatur von 20° C., das Nebenzimmer aber die Temperatur (0 ° C.) der Umgebung.

Unter diesen Voraussetzungen ist

$$P = 0{,}3130 \qquad P' = 0$$
$$p_0 = 0{,}1043 \qquad p_0' = 0$$
$$p_2 = 0{,}2087 \qquad p_2' = 0$$
$$\gamma = -0{,}0004$$
$$\varrho = -0{,}0056.$$

Somit ist dieses Mal $(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)$ mit $P - P'$ von gleichem Vorzeichen (+) und kleiner als $P - P'$, und die Zwischenwand hat eine neutrale Linie, welche in der Höhe

$$H \frac{(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)}{P - P'} = 1{,}26^{\text{m}}$$

über dem Fussboden liegt.

Ferner ist dadurch, dass

$$-\varrho > p_0'$$

(nach Nr. 6) angezeigt, dass die ganze übrige Begrenzung des Nebenzimmers hinauslässt, was durch den oberhalb der neutralen Linie liegenden Theil der Zwischenwand aus dem Hauptzimmer zuströmt. Sowohl durch die Decke als durch den Boden, als durch die drei an das Freie grenzenden Wände des Nebenzimmers geht Luft unter dem überall gleichen Ueberdrucke von $0{,}0056^{\text{kg}}$ pro Quadratmeter hinaus. Unterhalb der neutralen Linie strömt Luft durch die Zwischenwand aus dem Nebenzimmer in das Hauptzimmer.

Der Luftwechsel des Nebenzimmers lässt sich entweder nach der Grösse der Einströmung bemessen und ist dann durch den Ausdruck

$$\lambda \cdot \frac{[(p_2 - \gamma) - (p_2' - \varrho)]^2}{2\,(P - P')}$$

gegeben, der den Werth 5,0 cbm erhält, oder nach der Ausströmung, wobei dann der in das Hauptzimmer abströmende Theil aus

$$\lambda \cdot \frac{[(p_0 + \gamma) - (p_0' + \varrho)]^2}{2\,(P - P')} = 1{,}45^{\text{cbm}}$$

und das Uebrige, was in das Freie ausströmt, aus

$$-\varrho\,(L' - \lambda) = 3{,}45^{\text{cbm}}$$

gefunden wird.

Der Luftwechsel des Hauptzimmers, nach der Einströmung bemessen, setzt sich zusammen aus

1) der Einströmung durch den Boden

$$l_0\,(p_0 + \gamma) = 57{,}1^{\text{cbm}},$$

2) der Einströmung durch den unteren Theil der Zwischenwand, obige 1,45 cbm,

3) der Einströmung durch die übrige verticale Begrenzung

$$(l_1 - \lambda)\,\frac{(p_0 - \gamma)^2}{2\,P} = 3{,}2^{\text{cbm}},$$

und beträgt demnach im Ganzen

$$57{,}1 + 1{,}4 + 3{,}2 = 61{,}7^{\text{cbm}}.$$

Vergleicht man die drei unter verschiedenen Umständen für den Luftwechsel des Hauptzimmers gefundenen Zahlen:

61,8 cbm bei allseitig freier Umgebung,
62,6 „ wenn das Nebenzimmer 20° warm ist,
61,7 „ wenn das Nebenzimmer abgeschlossen ist und die Temperatur (0°) der Umgebung hat,

so sieht man, dass der Einfluss des Nebenzimmers auf die Quantität des Luftwechsels im Hauptzimmer in der That sehr gering ist.

2. In dem soeben durchgerechneten Beispiel sind die Durchlässigkeiten der beiden Fussböden sowohl unter einander als auch den Decken gegenüber sehr verschieden angenommen. Es sollen zum Vergleiche noch diejenigen Resultate angegeben werden, zu welchen man kommt, wenn die Durchlässigkeiten der Fussböden

sowohl unter sich als mit denen der Decken gleich gesetzt werden, während alle übrigen Werthe so bleiben, wie sie im ersten Beispiel vorausgesetzt waren.

Die Lüftungsvermögen werden dann:

a) im Hauptzimmer

Boden	210
vert. Wände	259,2
Decke	210
Total	679,6

Zwischenwand 75,6;

b) im Nebenzimmer

Boden	315
vert. Wände	313,2
Decke	315
Total	943,2

Erste Annahme. Beide Zimmer haben die gleiche Temperatur von 20° C., die freie Umgebung hat 0° C. Dann ist

$$P = P' = 0,3126$$

$$p_0 = p_2 = p_0' = p_2' = 0,1563,$$

und die neutrale Zone liegt somit bei beiden Zimmern in der Mitte der Höhe.

Ferner wird $\gamma = 0, \quad \varrho = 0.$

Folglich findet durch die Zwischenwand hindurch keine Luftströmung statt, und der Luftwechsel jedes Zimmers ist geringer als bei freier Umgebung um diejenige Luftmenge, welche durch die Hälfte der Zwischenwand gehen würde.

Diese Luftmenge ist

$$\frac{\lambda}{2} \cdot \frac{p_0}{2} = 2,95^{\text{cbm}}.$$

Zweite Annahme. Das Hauptzimmer habe die Temperatur 20° C., das Nebenzimmer die Temperatur 0° C. der Umgebung. Dann ist

$$P = 0,3126$$

$$p_0 = p_2 = 0,1563$$

$$P' = p_0' = p_2' = 0$$

und wiederum

$$\gamma = 0, \quad \varrho = 0.$$

Der Luftwechsel des Nebenzimmers ist auf die Luftmenge beschränkt, welche durch die untere Hälfte der Zwischenwand nach dem Hauptzimmer abfliesst und, wie vorhin berechnet,

$$2{,}95^{\text{cbm}}$$

beträgt. Eine gleich grosse Luftmenge kehrt durch den oberen Theil der Zwischenwand nach dem Nebenzimmer zurück, so dass dieses Zimmer aus dem Freien keine Luft aufnimmt.

Der Luftwechsel des Hauptzimmers ist eben so gross wie bei allseitig freier Umgebung ($61{,}8^{\text{cbm}}$).

Man kann demnach den letzten Fall kurz dahin charakterisiren, dass, solange die vorausgesetzte Temperatur der Umgebung im Nebenzimmer besteht, dieses von dem wärmeren Hauptzimmer aus mit Luft ausgespült wird. Thatsächlich wird dieses Ausspülen bald zu einer Erwärmung des Nebenzimmers führen, wodurch dann demselben ein selbständiger Luftwechsel verschafft und der Process des Ausspülens modificirt wird.

Vierte Abhandlung.

Ueber den Luftwechsel, der bei Windstille in einer **beliebigen Combination** von Gemächern stattfindet, welche von einander und von der freien Luft durch poröse Wände geschieden sind.

Es soll die Aufgabe gelöst werden: Aus den gegebenen Dimensionen, Durchlässigkeiten und Temperaturen die Menge und Richtung der Luft zu berechnen, welche durch jede einzelne Wand der Combination hindurchgeht, nachdem das ganze System der Wände in einen Beharrungszustand eingetreten ist.

I.

1. Die Menge (dw) der Luft, welche in einer Stunde durch das Flächenelement (df) der Wand geht, wird gefunden, wenn man das Product aus der Grösse des Elementes in seine Durchlässigkeit (k) (also das Lüftungsvermögen des Flächenelementes) mit dem Ueberdruck (q) multiplicirt, welchen die auf der einen Seite des

Elementes befindliche Luft über die auf der anderen Seite angrenzende besitzt, oder es ist

$$dw = qkdf.$$

Da k, welches constant oder eine Function der Lage des Flächenelementes sein kann, als bekannt vorausgesetzt wird, so ist zur Lösung der gestellten Aufgabe noch erforderlich, q als Function der Lage des Elementes df auszudrücken, d. h die Grösse und Richtung des einseitigen Ueberdrucks zu ermitteln, welcher an jedem Flächenelement der gegebenen Combination von Gemächern besteht und Luft durch das Element hindurchtreibt.

Was zunächst die Richtung dieser Ueberdrücke betrifft, so scheint es zweckmässig, den schon in der dritten Abhandlung eingenommenen Standpunkt zu verallgemeinern und bei Aufstellung der Gleichung des Luftwechsels eines Gemachs, sowie bei Bildung der Formeln des Luftwechsels die Vorzeichen so zu handhaben, dass alle in das gerade betrachtete Gemach hinein gerichteten Ueberdrücke positiv, die aus demselben Gemach hinaus gerichteten aber negativ werden. Demgemäss wird eine Luftmenge, welche aus einem Gemach in ein anderes übergeht, von dem ersteren aus betrachtet negativ, von dem zweiten aus positiv erscheinen.

Die Gleichung des Luftwechsels eines Gemachs wird dadurch gebildet werden, dass man jeden Ueberdruck als Differenz schreibt, deren Minuend der in das betreffende Gemach hinein gerichtete Druck ist, diese Differenz mit dem Lüftungsvermögen des Flächenelementes multiplicirt, an welchem jener Ueberdruck besteht, und die Summe aller dieser Producte gleich Null setzt.

Hingegen hat man, um die Grösse des Luftwechsels des Gemachs zu berechnen, aus der zuletzt genannten Summe nur diejenigen Glieder auszuwählen, welche ein und dasselbe Vorzeichen haben. Die Summe der positiven Glieder stellt die Einströmung dar, die (dem absoluten Werth nach gleiche) Summe der negativen Glieder die Ausströmung.

2. Zur Darlegung dieser übersichtlicheren Methode soll zunächst der Luftwechsel eines von freier Luft umgebenen Gemachs beispielsweise behandelt werden.

Es befinde sich das Gemach, dem die Ordnungszahl r zukommen mag, in freier Umgebung von der Temperatur t. Seine eigene Temperatur sei T_r, seine Höhe H_r, der Barometerstand B, so ist der Unterschied (P_r) zwischen dem Gewichte zweier Luftsäulen von der Basis 1 und von der Höhe H_r, deren eine (Minuend) die Temperatur t, die andere die Temperatur T_r hat:

$$P_r = H_r \, 1{,}293 \frac{B}{760} \cdot \frac{T_r - t}{270 + T_r + t}.$$

Ist l_{ru} das Lüftungsvermögen des Bodens, l_{ro} das Lüftungsvermögen der Decke, l_r das Lüftungsvermögen der verticalen Begrenzung, so ist

$$L_r = l_{ru} + l_r + l_{ro}$$

das gesammte Lüftungsvermögen des Gemaches (r).

Der Ueberdruck, mit welchem die äussere Luft durch den Boden (von unten nach oben) und zugleich durch den untersten elementaren Streifen der verticalen Begrenzung (in horizontaler Richtung) nach innen drängt, sei mit p_r bezeichnet, dann ist unter der Voraussetzung gleichmässiger Temperaturvertheilung für den in der Höhe z über dem Boden des Gemachs wirksamen Ueberdruck (q) allgemein zu setzen

$$q = p_r - \frac{z}{H_r} P_r,$$

wodurch diejenigen Ueberdrücke, welche Luft aus dem Zimmer hinaustreiben, negative Werthe erhalten. Insbesondere ergiebt sich für den Ueberdruck durch den obersten elementaren Streifen der verticalen Begrenzung, sowie durch die Decke (wo $z = H_r$) der Werth

$$p_r - P_r.$$

Somit ist die stündlich durch die Decke strömende Luftmenge

$$l_{ro}(p_r - P_r)$$

und die durch den Boden strömende

$$l_{ru} p_r.$$

Bezeichnet man mit u den Umfang des Gemachs, mit dz die Breite der in der Höhe z liegenden elementaren Zone und mit k deren Durchlässigkeit, so ist

$$k u \, dz \left(p_r - \frac{z}{H_r} P_r\right)$$

die Luftmenge, welche in der Stunde durch die Zone strömt. Je

nachdem der Werth dieses Ausdrucks positiv odèr negativ ausfällt, stellt derselbe eine einströmende oder eine ausströmende Luftmenge dar. Setzt man ihn gleich Null, so erhält man einen Werth (h_r) von z, welcher angiebt, wie hoch die neutrale Zone über dem Boden des Gemachs liegt, nämlich

$$h_r = \frac{p_r}{P_r} H_r.$$

3. Bildet man nun die Gleichung des Luftwechsels nach dem Princip, dass die in dem Gemach vorhandene Luftmenge durch den Luftwechsel weder zu- noch abnimmt, so erhält man

$$l_{ru} p_r + l_{ro}(p_r - P_r) + \int_0^{H_r} k u dz \left(p_r - \frac{z}{H_r} P_r\right) = 0,$$

womit ausgedrückt ist, dass die Summe der in den drei Gliedern enthaltenen positiven (einströmenden) Luftmengen der Summe der negativen (ausströmenden) gleich kommt.

Führt man die Integration aus unter der Voraussetzung, dass die Durchlässigkeit k von der Höhe z unabhängig ist, so kommt man auf die Gleichung

$$p_r L_r = P_r \left(l_{ro} + \frac{1}{2} l_r\right),$$

welche zur Berechnung von p_r dienen kann.

4. Bei Berechnung der Grösse des Luftwechsels hat man das Integral in der Höhe $z = h_r$ abzutheilen. Was unterhalb liegt, ist mit $l_{ru} p_r$, was oberhalb liegt, mit $l_{ro}(p_r - P_r)$ von gleichem Vorzeichen. Man erhält dann für den Luftwechsel die beiden äquivalenten Ausdrücke

$$l_{ru} p_r + \int_0^{h_r} k u dz \left(p_r - \frac{z}{H_r} P_r\right)$$

und

$$l_{ro}(p_r - P_r) + \int_{h_r}^{H_r} k u dz \left(p_r - \frac{z}{H_r} P_r\right),$$

von welchen derjenige, welcher positiv ausfällt, die einströmende, der negative die ausströmende Luftmenge darstellt. Offenbar besteht der erstere der beiden Ausdrücke dann aus lauter positiven

Gliedern, wenn P_r positiv d. h. die Temperatur des Gemachs höher ist als die der Umgebung. Ist hingegen $t > T_r$, dann ist P_r negativ und die Einströmung durch den zweiten Ausdruck gegeben.

Ist k von s unabhängig, so erhält man durch Ausführung der Integration die Ausdrücke

$$l_{ru} p_r + \frac{1}{2} l_r \frac{p_r^2}{P_r}$$

und

$$l_{ro}(p_r - P_r) - \frac{1}{2} l_r \frac{(p_r - P_r)^2}{P_r},$$

deren jeder für sich die Grösse des Luftwechsels darstellt.

II.

1. Wir wenden uns nun zu einem allgemeineren Fall und nehmen an, das Gemach, welchem die Ordnungszahl (r) zukommt, grenze mit dem Boden an das Gemach (u), mit der Decke an das Gemach (o), mit den vier verticalen Wänden an die vier Gemächer (1), (2), (3), (4). Von diesen vier Nebenzimmern soll angenommen werden, dass sie mit dem Gemach (r) im gleichen Stockwerk liegen, also mit ihm zwischen denselben horizontalen Ebenen eingeschlossen sind.

Das Lüftungsvermögen des Bodens soll mit l_{ru}, das der Decke mit l_{ro}, die Lüftungsvermögen der einzelnen verticalen Wände mit l_{r1}, l_{r2}, l_{r3}, l_{r4} bezeichnet und $l_{r1} + l_{r2} + l_{r3} + l_{r4} = l_r$ gesetzt werden, während unter L_r die Summe $l_{ru} + l_{ro} + l_r$ verstanden ist. Ausserdem werden noch die Höhen H_r, H_u, H_0 der Zimmer, ihre Temperaturen T_r, T_u, T_0, T_1, T_2, T_3, T_4, sowie die Temperatur t der Umgebung als bekannt vorausgesetzt.

Es soll eine allgemeine Methode angegeben werden, aus diesen Elementen und den analogen, welche sich auf die übrigen Gemächer der Combination beziehen, den Luftwechsel des r^{ten} Gemachs so zu berechnen, dass klar wird, in welcher Menge und Richtung die Luft durch jede einzelne Wand des Umschlusses geht.

2. Zunächst sind die Gewichtsdifferenzen

$$P_r, \; P_u, \; P_0, \; P_1, \; P_2, \; P_3, \; P_4$$

aus Formeln zu berechnen, wie

$$P = H \, 1{,}293 \, \frac{B}{760} \cdot \frac{T - t}{270 + T + t}, \tag{1}$$

in welche successive die zusammengehörigen Werthe von H und T eingesetzt werden.

Ferner findet man die Ueberdrücke

$$p_r, p_u, p_0, p_1, p_2, p_3, p_4,$$

welche an den Fussböden der einzelnen Gemächer die äussere Luft über die innere dann besitzen würde, wenn das Gemach nur von freier Luft (von der Temperatur t) umgeben wäre, aus Gleichungen wie

$$p_r = P_r \frac{l_{r0} + \frac{1}{2} l_r}{L_r}. \qquad (2$$

Damit ist die Voraussetzung eingeführt, dass längs der Höhe jedes Gemachs die Temperatur und die Durchlässigkeit constant sind.

3. Der Einfluss der Combination soll dadurch ausgedrückt werden, dass man den freien Ueberdrücken

$$p_r, p_u \ldots.$$

gewisse Zuwächse

$$\gamma_r, \gamma_u, \gamma_0, \gamma_1, \gamma_2, \gamma_3, \gamma_4 \ldots.$$

beilegt, welche den einzelnen Gemächern eigenthümlich sind, so dass zu jedem Gemach ein solcher Zuwachs von bestimmter Grösse und bestimmtem Vorzeichen gehört, der im Allgemeinen nur dann Null wird, wenn das Gemach aufhört abgeschlossen zu sein, so dass die in ihm enthaltene Luft als frei gelten kann.

Es sind demnach

$$p_r + \gamma_r, \quad p_u + \gamma_u, \quad p_0 + \gamma_0, \quad p_1 + \gamma_1 \ldots.$$

die Ueberdrücke, welche während eines constanten Luftwechsels der Combination die äussere freie Luft am Fussboden der einzelnen Gemächer über die innere besitzt.

In der Höhe z über dem Boden ist der Ueberdruck der äusseren freien Luft über die innere

$$p_r + \gamma_r - \frac{z}{H_r} P_r \ldots. (F_r$$

$$p_u + \gamma_u - \frac{z}{H_u} P_u \ldots. (F_u$$

$$p_0 + \gamma_0 - \frac{z}{H_0} P_0 \ldots. (F_0$$

$$p_1 + \gamma_1 - \frac{z}{H_r} P_1 \ldots. (F_1$$

$$p_2 + \gamma_2 - \frac{z}{H_r} P_2 \ldots . (F_2$$

$$p_3 + \gamma_3 - \frac{z}{H_r} P_3 \ldots . (F_3$$

$$p_4 + \gamma_4 - \frac{z}{H_r} P_4 \ldots . (F_4$$

. . . .

Von diesen Ueberdrücken ist jeder, wenn er positiv ist, in dasjenige Gemach hinein gerichtet, dessen Ordnungszahl dem zugehörigen γ angehängt ist. Die negativen Ueberdrücke sind aus demselben Gemach hinaus gerichtet.

4. Um die **Gleichung des Luftwechsels** für das Gemach (r) herzustellen, hat man die **resultirenden** Ueberdrücke (q) nöthig, welche die in den umgebenden Gemächern befindliche Luft an jeder Stelle des Umschlusses über die ihr gegenüber im Gemach (r) befindliche Luft besitzt.

Diese resultirenden Ueberdrücke werden als Differenzen der freien Ueberdrücke erhalten, wobei jedesmal der auf das Gemach (r) bezügliche freie Ueberdruck den Minuenden zu bilden hat.

So findet man den resultirenden Ueberdruck (q_{ru}), welcher Luft durch den Boden des Gemachs (r) treibt, wenn man

in F_r setzt $z = 0$,
in F_u „ $z = H_u$

und den zweiten der erhaltenen Werthe vom ersten subtrahirt. Oder es ist

$$q_{ru} = [F_r]_{z=0} - (F_u]_{z=H_u} = p_r + \gamma_r - (p_u + \gamma_u - P_u).$$

Der resultirende Ueberdruck (q_{ro}), welcher die Luft durch die Decke des Gemachs (r) treibt, wird erhalten, wenn man

in F_r setzt $z = H_r$,
in F_o „ $z = 0$

und wiederum den zweiten Werth von dem ersten subtrahirt. Somit wird

$$q_{ro} = [F_r]_{z=H_r} - [F_o]_{z=0} = p_r + \gamma_r - P_r - (p_o + \gamma_o).$$

Für den resultirenden Ueberdruck, welcher in der Höhe z über dem Boden des Gemaches r besteht, erhält man vier ver-

schiedene Werthe, weil die in der Höhe z bestehenden freien Ueberdrücke in den vier Nebenzimmern verschieden gross sind.

Diese vier Werthe werden erhalten, indem man der Reihe nach F_1, F_2 F_3, F_4 von F_r subtrahirt, und es wird

$$q_{r1} = (p_r + \gamma_r) - (p_1 + \gamma_1) - \frac{z}{H_r}(P_r - P_1)$$

$$q_{r2} = (p_r + \gamma_r) - (p_2 + \gamma_2) - \frac{z}{H_r}(P_r - P_2)$$

$$q_{r3} = (p_r + \gamma_r) - (p_3 + \gamma_3) - \frac{z}{H_r}(P_r - P_3)$$

$$q_{r4} = (p_r + \gamma_r) - (p_4 + \gamma_4) - \frac{z}{H_r}(P_r - P_4).$$

5. Da wir beabsichtigen, die Gleichung des Luftwechsels so zu bilden, dass die algebraische Summe aller in der Stunde durch die Begrenzung des Gemachs hindurch gehenden Luftmengen, oder was dasselbe ist, der Ueberschuss der eintretenden Luft über die in derselben Zeit austretende gleich Null gesetzt wird, so darf die in der Stunde durch die Wand (r 1) strömende Luftmenge zusammengefasst werden in den Ausdruck

$$\int_0^{H_r} q_{r1} k_1 a_1 dz,$$

wobei k_1 die Durchlässigkeit, a_1 die Länge der Wand bezeichnet.

Werden die durch die übrigen drei verticalen Wände strömenden Luftmengen in analoger Weise dargestellt, so erhält man für den Luftwechsel des Gemachs (r) die Gleichung

$$l_{ru} q_{ru} + l_{ro} q_{ro} + \int_0^{H_r} dz (q_{r1} k_1 a_1 + q_{r2} k_2 a_2 + q_{r3} k_3 a_3 + q_{r4} k_4 a_4) = 0.$$

6. Nun ist aber

$$\int_0^{H_r} dz (q_{r1} k_1 a_1) = [(p_r + \gamma_r) - (p_1 + \gamma_1)] k_1 a_1 H_r - \frac{1}{2} k_1 a_1 H_r (P_r - P_1),$$

und da $k_1 a_1 H_r$ das Lüftungsvermögen der Wand (r 1) darstellt, so lässt sich durch Substitution von l_{r1} für $k_1 a_1 H_r$ das Integral umformen in

$$l_{r1}\left[\left(p_r + \gamma_r - \frac{1}{2} P_r\right) - \left(p_1 + \gamma_1 - \frac{1}{2} P_1\right)\right].$$

Bildet man die analogen Formen für die übrigen Wände, so wird die Gleichung des Luftwechsels

$$0 = l_{ru}[p_r + \gamma_r - (p_u + \gamma_u - P_u)] + l_{ro}[p_r + \gamma_r - P_r - (p_o + \gamma_o)] +$$
$$+ l_{r1}\left[\left(p_r + \gamma_r - \frac{1}{2}P_r\right) - \left(p_1 + \gamma_1 - \frac{1}{2}P_1\right)\right] +$$
$$+ l_{r2}\left[\left(p_r + \gamma_r - \frac{1}{2}P_r\right) - \left(p_2 + \gamma_2 - \frac{1}{2}P_2\right)\right] +$$
$$+ l_{r3}\left[\left(p_r + \gamma_r - \frac{1}{2}P_r\right) - \left(p_3 + \gamma_3 - \frac{1}{2}P_3\right)\right] +$$
$$+ l_{r4}\left[\left(p_r + \gamma_r - \frac{1}{2}P_r\right) - \left(p_4 + \gamma_4 - \frac{1}{2}P_4\right)\right].$$

Zwischen den Lüftungsvermögen und den Kräften p_r, P_r besteht die oben (I, 3) aus der Gleichung des freien Luftwechsels abgeleitete Beziehung:

$$l_{ru}\,p_{ru} + l_{ro}\,p_{ro} + l_{r1}\,p_r + l_{r2}\,p_r + l_{r3}\,p_r + l_{r4}\,p_r$$
$$- l_{ro}\,P_r - \frac{1}{2}l_{r1}\,P_r - \frac{1}{2}l_{r2}\,P_r - \frac{1}{2}l_{r3}\,P_r - \frac{1}{2}l_{r4}\,P_r = 0.$$

Durch Einführung derselben nimmt die Gleichung des Luftwechsels die einfachere Form an:

$$0 = l_{ru}[\gamma_r - (p_u + \gamma_u - P_u)] + l_{ro}[\gamma_r - (p_o + \gamma_o)] +$$
$$+ l_{r1}\left[\gamma_r - (p_1 + \gamma_1) + \frac{P_1}{2}\right] +$$
$$+ l_{r2}\left[\gamma_r - (p_2 + \gamma_2) + \frac{P_2}{2}\right] +$$
$$+ l_{r2}\left[\gamma_r - (p_3 + \gamma_3) + \frac{P_3}{2}\right] +$$
$$+ l_{r4}\left[\gamma_r - (p_4 + \gamma_4) + \frac{P_4}{2}\right].$$

Führt man für das gesammte Lüftungsvermögen des Zimmers das Zeichen L_r ein, und ordnet die Glieder so, dass die sieben Unbekannten

$$\gamma_r,\ \gamma_u,\ \gamma_o,\ \gamma_1,\ \gamma_2,\ \gamma_3,\ \gamma_4$$

auf die linke Seite der Gleichung zu stehen kommen, während auf der rechten nur Bekanntes steht, so erhält man

$$L_r\gamma_r - l_{ru}\gamma_u - l_{ro}\gamma_0 - l_{r1}\gamma_1 - l_{r2}\gamma_2 - l_{r3}\gamma_3 - l_{r4}\gamma_4$$
$$= l_{ro}p_0 + l_{ru}(p_u - P_u)$$
$$- l_{r1}\left(\frac{P_1}{2} - p_1\right)$$
$$- l_{r2}\left(\frac{P_2}{2} - p_2\right)$$
$$- l_{r3}\left(\frac{P_3}{2} - p_3\right)$$
$$- l_{r4}\left(\frac{P_4}{2} - p_4\right). \qquad (4$$

Eine solche Gleichung ist für jedes Gemach der Combination herzustellen, damit eben so viel Gleichungen erhalten werden, als Unbekannte (γ) vorhanden sind. Da sämmtliche Gleichungen linear ausfallen, bietet die Berechnung der Unbekannten keine Schwierigkeit.

7. Wenn einzelne Wände des Gemachs (r) an das Freie grenzen, so ergeben sich gewisse Vereinfachungen, auf welche hingewiesen werden soll.

Grenzt z. B. das Gemach (r) mit der Wand (1) an das Freie, so sind die Ueberdrücke P_1, p_1 und γ_1 gleich Null. Ist das Gemach (r) ein Keller oder ein Zimmer des Erdgeschosses, unter welchem sich kein Keller befindet, so ist $P_u = p_u = \gamma_u =$ Null. Ein luftiger Speicher wird in der Regel als frei gelten können, so dass, wenn ein solcher Speicher über dem Gemach (r) liegt, $\gamma_0 = 0$ gesetzt werden darf. Unter derselben Voraussetzung wird häufig auch die Temperatur (T_0) des Speichers der Temperatur der freien Luft so nah liegen, dass mit Annäherung auch P_0 und p_0 gleich Null gesetzt werden dürfen. Analoges gilt für Nebenzimmer, in welchen Fenster nach mehreren Himmelsgegenden offen stehen.

8. Berechnung der Grösse des Luftwechsels. Nachdem die sieben mit (γ) bezeichneten Zuwächse der Ueberdrücke berechnet sind, lässt sich der Luftwechsel des Gemaches (r) durch Rechnung finden.

Zu diesem Zweck sind die negativen Glieder der Gleichung (3) von den positiven abzusondern, weil jene die ausströmenden,

diese die einströmenden Luftmengen darstellen, und die Grösse des Luftwechsels durch die Einströmung allein oder durch die Ausströmung allein gegeben ist.

Die Vorzeichen der Glieder sind durch die Vorzeichen der resultirenden Ueberdrücke

$$q_{ru},\ q_{ro},\ q_{r1},\ q_{r2},\ q_{r3},\ q_{r4}$$

bestimmt. Die ersten beiden (q_{ru} und q_{ro}), welche die Luft durch die beiden horizontalen Grenzflächen treiben, sind an allen Stellen dieser Grenzflächen gleich gross, so dass nach Berechnung ihrer Werthe die Richtungen der Luftmengen

$$l_{ru}\, q_{ru} \text{ und } l_{ro}\, q_{ro}$$

bekannt sind.

Hingegen können die unter der Bezeichnung

$$\int_0^{H_r} q_{r1}\, k\, a\, dz$$

inbegriffenen Summanden, von welchen jeder eine gewisse durch die verticale Wand ($r1$) gehende (unendlich kleine) Luftmenge darstellt, verschiedene Vorzeichen haben, da der Ueberdruck q_{r1} im Allgemeinen nicht constant, sondern mit der Höhe z veränderlich ist und in der Höhe

$$h_r = H_r \frac{(p_r + \gamma_r) - (p_1 + \gamma_1)}{P_r - P_1}$$

sein Vorzeichen wechselt.

Indessen können, wie aus der dritten Abhandlung bekannt ist, auch alle Summanden des obigen Integrals von gleichem Vorzeichen sein, und sind es in der That, wenn h_r gleich oder kleiner als Null, und wenn es gleich oder grösser als H_r ist.

Um die nöthige Unterscheidung zu gewinnen, ohne besondere, für den Hauptzweck nicht weiter verwendbare Rechnungen vornehmen zu müssen, scheint es am einfachsten, den Werth von q_{r1} sowohl für $z = 0$ als für $z = H_r$ herzustellen, d. h. die Werthe

$$u_0 = (p_r + \gamma_r) - (p_1 + \gamma_1)$$
$$u_1 = (p_r + \gamma_r) - (p_1 + \gamma_1) - (P_r - P_1)$$

zu bilden. Sind beide von gleichem Vorzeichen, dann sind sämmtliche Ueberdrücke längs der verticalen Wand von gleichem Vorzeichen, und es wird

$$\int_0^{H_r} q_{r1} k_1 a_1 dz = l_{r1} \frac{u_0 + u_2}{2}.$$

Sind die Vorzeichen von u_0 und u_2 verschieden, dann erhält man durch Abtheilung des Integrals (in der Höhe h_r) die beiden Glieder

$$\int_0^{h_r} q_{r1} k_1 a_1 dz = \frac{1}{2} l_{r1} \frac{u_0^2}{u_0 - u_2}$$

$$\int_0^{H_r} q_{r1} k_1 a_1 dz = -\frac{1}{2} l_{r1} \frac{u_2^2}{u_0 - u_2},$$

welche verschiedene Vorzeichen haben. Das erste giebt die Luftmenge, welche durch den unteren, das zweite diejenige, welche durch den oberen Theil der verticalen Wand (r 1) geht.

Da $u_0 - u_2 = P_r - P_1$ ist, so ist das erste Glied positiv und somit die durch dasselbe dargestellte Luftmenge in das Gemach (r) gerichtet, wenn in diesem Gemach die Temperatur höher ist als im anstossenden (1) u. s. f. in Uebereinstimmung mit dem in der dritten Abhandlung Nachgewiesenen.

Was hier von der Wand (r 1) gesagt ist, gilt selbstverständlich für jede der verticalen Wände.

III.

Der allgemeine Fall kann von dem soeben behandelten noch dadurch verschieden sein, dass sich über der Decke des r^{ten} Gemachs oder unter dem Fussboden desselben nicht ein Gemach, sondern mehrere durch verticale Zwischenmauern von einander getrennte Gemächer befinden, und zweitens dadurch, dass das r^{te} Gemach mit der einen oder andern seiner verticalen Wände an einen Raum grenzt, dessen Boden tiefer und dessen Decke höher liegt als Boden und Decke des r^{ten} Gemachs. Dieser letztere Umstand findet in einem regelmässig gebauten mehrstöckigen Wohnhause immer statt, insofern dasselbe mit einem Stiegenhause versehen ist.

1. Stehen Zwischenmauern über der Decke oder unter dem Fussboden des Gemaches (r), so zerlegen sich dadurch diese beiden horizontalen Wände in Abtheilungen, deren jede als besondere selbständige Wand in Rechnung gezogen werden muss. Somit treten

dann statt der Luftmengen $l_{ro} q_{ro}$ und $l_{ru} q_{ru}$ ebensoviele analog gebildete Summanden auf, als Abtheilungen vorhanden sind. Dabei wird es erlaubt sein, sich die horizontalen Wände nur bis zum Anfang der verticalen ausgedehnt zu denken und demnach die geringen Luftmengen, welche durch die unterstützten oder übermauerten Stellen dringen, zu vernachlässigen.

2. Es ist noch übrig zu zeigen, wie sich das Stiegenhaus, welches immer einen wichtigen Factor in dem Luftwechsel eines Gebäudes bilden wird, mit den übrigen Gemächern in Beziehung bringen lässt. Das Folgende gilt indessen auch für einen Saal oder irgend einen anderen Raum, der durch mehrere Stockwerke aufsteigt.

Wir nehmen an, die Hausthüre sei geschlossen, und machen auch im Uebrigen für das Stiegenhaus die gleiche Voraussetzung wie für die übrigen Gemächer, nämlich dass es nur durch capillare Oeffnungen mit den angrenzenden Räumen und der freien Luft in Verbindung stehe und in seiner ganzen Höhe gleiche Temperatur habe.

Dann unterscheidet sich dasselbe von anderen Gemächern noch durch seine grössere Höhe und die grössere Anzahl von selbständigen verticalen Wänden.

Sei s die Ordnungszahl des Stiegenhauses, H_s seine Höhe, T_s seine Temperatur, so lässt sich das ihm zugehörige P_s aus der in II, 2 dieser Abhandlung S. 528 gegebenen Formel (1) finden.

Hingegen wird man, ehe man die Formel (2) zur Berechnung von p_s benützt, überlegen müssen, ob die Voraussetzung, dass die Durchlässigkeit (k) von der Höhe unabhängig ist, mit hinreichender Annäherung zutrifft. Auch der Umfang (u) kann sich mit der Höhe ändern. Da diese Aenderungen indessen nicht stetig, sondern von Stockwerk zu Stockwerk eintreten, so wird man ihnen durch Abtheilung des Integrals Rechnung tragen, wodurch in der Gleichung

$$p_s L_s = P_s l_{so} + \frac{1}{2} P_s l_s$$

an die Stelle des im letzten Gliede stehenden Factors l_s, welcher das Lüftungsvermögen der gesammten verticalen Begrenzung des Stiegenhauses darstellt, eine Grösse von der Form

$$\frac{\lambda_0 h_0 + \lambda_1 (2 h_0 + h_1) + \lambda_2 [2 (h_0 + h_1) + h_2] + \cdots}{H_s}$$

tritt, wobei $h_0, h_1, h_2 \ldots$ die Höhen der einzelnen Stockwerke und $\lambda_0, \lambda_1, \lambda_2 \ldots$ die Lüftungsvermögen der den einzelnen Stockwerken zugehörigen verticalen Gesammtbegrenzungen des Stiegenhauses bezeichnen.

Um den Dicken der horizontalen Wände so weit Rechnung zu tragen, dass sie in den Höhen der Stockwerke nicht fehlen — die Summe der Höhen der einzelnen Stockwerke muss hier der Höhe H_s des Stiegenhauses gleich sein —, machen wir hier bei der Berechnung von p_s die vereinfachende Annahme, dass sich die angrenzenden verticalen Wände jedesmal bis zur Hälfte der horizontalen Zwischenschicht fortsetzen, letztere selbst aber durch eine mathematische Ebene von bestimmtem Lüftungsvermögen ersetzt ist.

Bezeichnet man mit d_{ru} die Dicke der horizontalen Wand zwischen den Gemächern (r) und (u), mit d_{ro} die Dicke zwischen den Gemächern (r) und (o), so ist demnach

$$\begin{aligned} h_0 &= H_u + \frac{1}{2} d_{ru} \\ h_1 &= \frac{1}{2} d_{ru} + H_r + \frac{1}{2} d_{ro} \\ h_2 &= \frac{1}{2} d_{ro} + H_o. \end{aligned}$$

Die Einführung dieser Werthe ist indessen nur dann erforderlich, wenn die Gemächer (u, r, o) an das Stiegenhaus grenzen.

Die Lüftungsvermögen (λ) berechnen wir indessen stets mittelst der lichten Höhen.

3. Da das Stiegenhaus zum Theil an geschlossene Räume grenzt, ist ebenso wie bei den anderen Gemächern ein Zuwachs (γ_s) zu dem freien Ueberdrucke (p_s) vorauszusetzen und zur Bestimmung dieses vorerst unbekannten Zuwachses die Gleichung für den Luftwechsel des Stiegenhauses zu bilden.

In der Höhe z über der Hausflur ist der Ueberdruck aus dem Freien in das Stiegenhaus hinein

$$F_s = p_s + \gamma_s - \frac{z}{H_s} P_s.$$

Dieser Ausdruck ist für so viele Werthe von z zu berechnen, als verschiedene Horizontalebenen von Fussböden und Decken in denjenigen Gemächern vorhanden sind, welche an das Stiegenhaus oder an offene, in das Stiegenhaus mündende Gänge grenzen.

In einem regelmässig gebauten Hause zum Beispiel, auf dessen Erdgeschoss noch zwei Stockwerke aufgesetzt sind, sind diese Werthe von z (unter der Voraussetzung, dass die Gemächer (u), (r), (o) an das Stiegenhaus grenzen)

$$\text{Null}, \quad H_u, \quad H_u + d_{ur}, \quad H_u + d_{ur} + H_r, \quad H_u + d_{ur} + H_r + d_{ro}, \quad H_s.$$

In eben diesem Hause ist demnach beispielsweise

$$p_s - \gamma_s - \frac{H_u + d_{ur} + H_r}{H_s} P_s$$

der Ueberdruck, den im Niveau der Decke des ersten Stockwerks die äussere freie Luft über die im Stiegenhaus befindliche besitzt.

Man bildet nun für jede selbständige verticale Wand, welche an das Stiegenhaus oder einen mit dem Stiegenhaus in Verbindung stehenden offenen Gang (Corridor) grenzt, die beiden oben mit u_0 und u_2 bezeichneten resultirenden Ueberdrücke, welche an der untersten und obersten Stelle der Wand bestehen und, wie gezeigt, für den Luftwechsel der Wand maassgebend sind.

Grenzt z. B. eine der verticalen Wände des Zimmers (r), welches im ersten Stockwerk liegt, an das Stiegenhaus, so ist für diese Wand

$$u_0 = \left(p_s + \gamma_s - \frac{H_u + d_{ur}}{H_s} P_s\right) - (p_r + \gamma_r)$$

$$u_2 = \left(p_s + \gamma_s - \frac{H_u + d_{ur} + H_r}{H_s} P_s\right) - (p_r + \gamma_r - P_r),$$

und es tritt für diese Wand in die Gleichung des Luftwechsels des Stiegenhauses das Glied

$$l_{rs} \frac{u_0 + u_2}{2}$$

ein, wobei mit l_{rs} das Lüftungsvermögen der Grenzwand zwischen dem Zimmer (r) und dem Stiegenhaus (s) bezeichnet ist.

4. Somit bietet die Aufstellung der Gleichung keine Schwierigkeit: Die gleich Null zu setzende algebraische Summe von Luft-

mengen besteht aus so vielen Gliedern als selbständige Wände zur Begrenzung des Stiegenhauses dienen. Für eine beliebige verticale Wand ist die Form des ihr entsprechenden Gliedes eben festgestellt worden, für horizontale Wände ist sie einfach genug, um sofort angegeben werden zu können.

In die Flur eines Hauses ohne Keller z. B. strömt durch den Boden vom Lüftungsevrmögen l_{sm} die Luftmege

$$l_{sm}(p_s + \gamma_s).$$

Ist hingegen ein Keller (m) unter der Hausflur, so wird die analoge Luftmenge gleich

$$l_{sm}[p_s + \gamma_s - (p_m + \gamma_m - P_m)].$$

Durch die Decke des Stiegenhauses vom Lüftungsvermögen l_{sa} strömt aus einem luftigen Speicher (a) ein die Luftmenge

$$l_{sa}(p_s + \gamma_s - P_s).$$

Ist aber der Speicher als geschlossener Raum anzusehen, so wird die Luftmenge

$$l_{sa}[(p_s + \gamma_s - P_s) - (p_a + \gamma_a)].$$

Befindet sich z. B. zu ebener Erde ein gegen das Stiegenhaus offener Gang (Corridor), über welchem im ersten Stock ein geschlossener Gang liegt, so bildet die Decke des unteren Corridors, der ganz als Theil des Stiegenhauses anzusehen ist, eine horizontale Wand des Stiegenhauses, und die Luft drückt durch diese Wand aus dem oberen Corridor (c) in den unteren mit der Kraft

$$\left(p_s + \gamma_s - \frac{H_u}{H_s} P_s\right) - (p_c + \gamma_c),$$

welche man, um das entsprechende Glied der Gleichung zu bilden, noch mit dem Lüftungsvermögen der horizontalen Wand zu multipliciren hat.

Auf diese Weise liefert das Stiegenhaus eine in Bezug auf die Unbekannten (γ) ebenfalls lineare Gleichung, welche nur insofern etwas Ausnahmsweises bietet, als sie nicht sofort nach der in II,6 S. 533 gegebenen Schablone hergestellt werden kann.

5. Will man den Luftwechsel des Stiegenhauses berechnen, was natürlich nur dann möglich ist, wenn durch Auflösung des Systems der linearen Gleichungen die Werthe der γ

wenigstens für das Stiegenhaus selbst und diejenigen Räume gefunden sind, welche an das Stiegenhaus grenzen, so hat man wieder die positiven oder die negativen Glieder der auf Null gebrachten Gleichung besonders zusammenzufassen.

Bei diesem Geschäfte machen die horizontalen Wände keinerlei Schwierigkeiten, weil das Vorzeichen der sie durchdringenden Luftmengen sofort zu Tage tritt; bei den verticalen hingegen giebt das oben eingesetzte Glied $l_{rs}\frac{u_0 + u_2}{2}$ nur dann einen Bestandtheil des Luftwechsels, wenn u_0 und u_2 von gleichem Vorzeichen sind. Haben diese Kräfte verschiedene Vorzeichen, so ist das angeschriebene Glied aufzulösen in die beiden

$$\frac{1}{2}l_{rs}\frac{u_0^2}{u_0 - u_2} \text{ und } -\frac{1}{2}l_{rs}\frac{u_2^2}{u_0 - u_2},$$

deren verschiedene Vorzeichen entgegengesetzt strömende Luftmengen andeuten.

6. Die vorstehende Lösung der gestellten Aufgabe ist an folgende Bedingungen gebunden:

1) Das Gebäude befindet sich in windstiller Luft.

2) Die einzelnen Gemächer desselben stehen nur mittelst capillarer Canäle unter sich und mit der freien Luft in Verbindung. Dabei gilt ein Canal so lange für capillar, als die Menge der durch ihn strömenden Luft dem die Strömung veranlassenden Ueberdrucke einfach proportional ist.

3) Die Temperatur ist in jedem Gemach gleichmässig über die Höhe vertheilt und so lange constant, bis sich ein stationärer d. h. keine Ursache der Veränderung mehr in sich tragender Zustand (Luftwechsel) ausgebildet hat.

IV.

Versuche.

In dem Bestreben einen experimentellen Beleg für die Genauigkeit zu erhalten, mit welcher bei einer Combination von geschlossenen Gemächern die wirklich stattfindende Druckvertheilung mit der berechneten übereinstimmt, habe ich am 11. December 1878 Abends in dem früher [1]) beschriebenen Zimmer eine Reihe von Druck- und

1) Anhang zur 2. Abhandlung: S. 59 dieses Bandes.

Temperaturmessungen ausgeführt, deren Resultate hier mitgetheilt werden sollen.

Das Zimmer liegt im Erdgeschoss, nach Süden und Westen frei, grenzt im Norden an ein etwas grösseres unheizbares Zimmer, im Osten an die Hausflur, über welcher sich ein 11,6 m hohes Stiegenhaus erhebt. Die Hausflur war geschlossen. Die Luft der freien Umgebung war vollhommen windstill, ihre Temperatur —8,6° C., ihr Druck 732 mm.

Zum Zweck der Druckmessungen waren im Ganzen 7 eiserne Röhrchen angebracht, welche aus dem Versuchszimmer nach aussen führten, zwei auf der Westseite 0,12 m und 2,40 m über dem Boden, zwei in der Thüre, welche in das nördlich angrenzende Nebenzimmer führt, 0,12 m und 1,92 m über dem Boden, zwei auf der Ostseite in der Thüre, welche auf die Hausflur führt, in gleicher Höhe wie auf der Nordseite, das siebente endlich war in 4 m Höhe durch die Zimmerdecke gesteckt und führte nach einem gut geheizten Zimmer.

An jedes dieser 7 Röhrchen wurde nach und nach der Schlauch angesetzt, welcher zum inneren Niveau des Differenzialmanometers führte. Zugleich waren 4 Thermometer, im Zimmer, im Freien, im Nebenzimmer und im Stiegenhaus, so aufgehangen, dass sie vermuthlich die mittleren Temperaturen angaben.

Während der Messungen war das Zugloch des Ofens geschlossen, Schlüssellöcher, etwaige Ritzen und Fugen, sowie die einige Millimeter weiten Röhrchen sind unbeachtet geblieben.

2. Es sollen nun die sämmtlichen Ablesungen in der Reihenfolge aufgeführt werden, in der sie gemacht wurden. Die Temperaturen sind von den Fehlern der Thermometer befreit.

Temperatur des Versuchszimmers . . . . . . 17,9° C.
Nullpunkt der Manometers 78,8

A b l e s u n g a m M a n o m e t e r, wenn der Schlauch angesteckt war:

A u f d e r W e s t s e i t e

0,12 m über dem Boden 86,5
2,40 m „ „ „ 80,6

Auf der Ostseite
0,12^m über dem Boden 73,0
1,92^m „ „ „ 70,5
Auf der Nordseite
0,12^m über dem Boden 81,05
1,92^m „ „ „ 79,3
An der Zimmerdecke 66,5
Auf der Westseite (Controle)
0,12^m über dem Boden 86,4
Nullpunkt des Manometers 78,7
Temperatur des Versuchszimmers . . . . 17,9°
„ des Nebenzimmers 6,5
„ des Stiegenhauses 7,0
„ im Freien . . . . — 8,6

Der Reductionsfactor des Manometers auf verticale Millimeter Wasser war

0,044.

Mit Hilfe desselben erhält man folgende

Zusammenstellung der beobachteten Ueberdrücke.
(Kilogramm pro Quadratmeter)

Nr. der Ablesung	Himmels-gegend	Höhe über dem Boden	Beobachtete Manometer-differenz	Ueberdruck in Kilogr. pro Quadratmtr.
3	West	0,12^m	+ 7,7	0,339
4	West	2,40	+ 1,8	0,079
5	Ost	0,12	— 5,8	— 0,255
6	Ost	1,92	— 8,2$_5$	— 0,363
7	Nord	0,12	+ 2,3	+ 0,101
8	Nord	1,92	+ 0,6	0,026
9	—	4,00	— 12,2	— 0,537
10	West	0,12	+ 7,7	0,339

3. Diese Beobachtungen kann man, ohne die Durchlässigkeiten zu kennen, in folgender Weise zur Prüfung der Uebereinstimmung zwischen der theoretischen und wirklichen Druckvertheilung verwenden.

Da die Höhen und Temperaturen bekannt sind, lassen sich für die drei Gemächer: Hauptzimmer (r), Nebenzimmer (n) und Stie-

genhaus (s) die P, d. h. die Gewichtsdifferenzen zwischen den in ihnen enthaltenen und den gleich hohen äusseren Luftsäulen von der Basis 1 berechnen, und man findet

$$P_r = 3{,}6 \cdot 1{,}293 \frac{732}{760} \cdot \frac{26{,}5}{279{,}3} = 0{,}425$$

$$P_n = 3{,}6 \cdot 1{,}293 \frac{732}{760} \cdot \frac{15{,}1}{267{,}9} = 0{,}253$$

$$P_s = 11{,}6 \cdot 1{,}293 \frac{732}{760} \cdot \frac{15{,}6}{268{,}4} = 0{,}840.$$

In der Höhe z über dem gemeinschaftlichen Fussboden ist in denselben Gemächern der Ueberdruck der äusseren freien Luft über die innere gegeben durch die Ausdrücke:

$$F_r = p_r + \gamma_r - \frac{z}{3{,}6}\, 0{,}425$$

$$F_n = p_n + \gamma_n - \frac{z}{3{,}6}\, 0{,}253$$

$$F_s = p_s + \gamma_s - \frac{z}{11{,}6}\, 0{,}840.$$

a) Von diesen Ueberdrücken ist der erste auf der Westseite in zwei Höhen beobachtet worden.

Hat man $p_r + \gamma_r$ aus der nahe am Boden gemachten Beobachtung Nr. 3 vermittelst der Gleichung

$$0{,}339 = p_r + \gamma_r - \frac{0{,}12}{3{,}6}\, 0{,}425$$

abgeleitet, woraus

$$p_r + \gamma_r = 0{,}353$$

folgt, so kann man nun den Ueberdruck in jeder anderen Höhe berechnen und findet für

$$z = 2{,}40$$

den Ueberdruck $= 0{,}353 - \frac{2{,}4}{3{,}6}\, 0{,}425 = \mathbf{0{,}069},$

während die Beobachtung in dieser Höhe den Werth

0,079 ergab.

b) An der Nordseite, wo das Versuchszimmer an ein Nebenzimmer von der Temperatur 6,5° grenzt, ist der resultirende

Druck in der Höhe z theoretisch dargestellt durch den Ausdruck

$$F_r - F_n = (p_r + \gamma_r) - (p_n + \gamma_n) - \frac{z}{H}(P_r - P_n),$$

woraus nach Einsetzung der bereits bekannten Werthe wird:

$$F_r - F_n = 0{,}353 - (p_n + \gamma_n) - \frac{z}{3{,}6}\, 0{,}172.$$

Somit lässt sich zunächst mittelst der Beobachtung Nr. 7 die Grösse $(p_n + \gamma_n)$ ableiten.

Indem man setzt

$$0{,}101 = 0{,}353 - (p_n + \gamma_n) - \frac{0{,}12}{3{,}6}\, 0{,}172,$$

erhält man

$$p_n + \gamma_n = 0{,}246.$$

Nun ist der resultirende Ueberdruck in jeder Höhe (z) der nördlichen Wand gegeben durch den Ausdruck

$$0{,}107 - \frac{z}{3{,}6}\, 0{,}172,$$

und man berechnet ihn für die Höhe

$$z = 1{,}92$$

zu

0,015,

während beobachtet wurde

0,026.

c) Auf der Ostseite ist der resultirende Ueberdruck aus dem Stiegenhause in das Versuchszimmer theoretisch gegeben durch die Differenz

$$F_r - F_s = (p_r + \gamma_r) - (p_s + \gamma_s) - z\left(\frac{P_r}{H_r} - \frac{P_s}{H_s}\right),$$

welche nach Einführung des Bekannten übergeht in

$$F_r - F_s = 0{,}353 - (p_s + \gamma_s) - 0{,}046\, z.$$

Zur Bestimmung von $(p_s + \gamma_s)$ kann man die Beobachtung Nr. 5 benützen, indem man setzt

$$-0{,}255 = 0{,}353 - (p_s + \gamma_s) - 0{,}12 \cdot 0{,}046,$$

und findet

$$p_s + \gamma_s = 0{,}603,$$

was den Ueberdruck aus dem Freien in den Boden des Stiegenhauses darstellt.

Durch Substitution dieses Werthes erhält man als Ausdruck für den in einer beliebigen Höhe (z) der östlichen Wand bestehenden resultirenden Ueberdruck

$$-0{,}250 - 0{,}046\, z.$$

Daraus berechnet sich für die Höhe von 1,92 m

$$\mathbf{-0{,}338}$$

während die Beobachtung ergab

$$\mathbf{-0{,}363.}$$

4. Um das Urtheil zu erleichtern, von welcher Bedeutung die zwischen der Rechnung und Beobachtung bestehenden Differenzen sind, habe ich die berechnete Druckvertheilung mit der beobachteten in den Figuren 8, 9 und 10 graphisch zusammengestellt. Hierzu dient noch folgende Bemerkung. Vermöge der

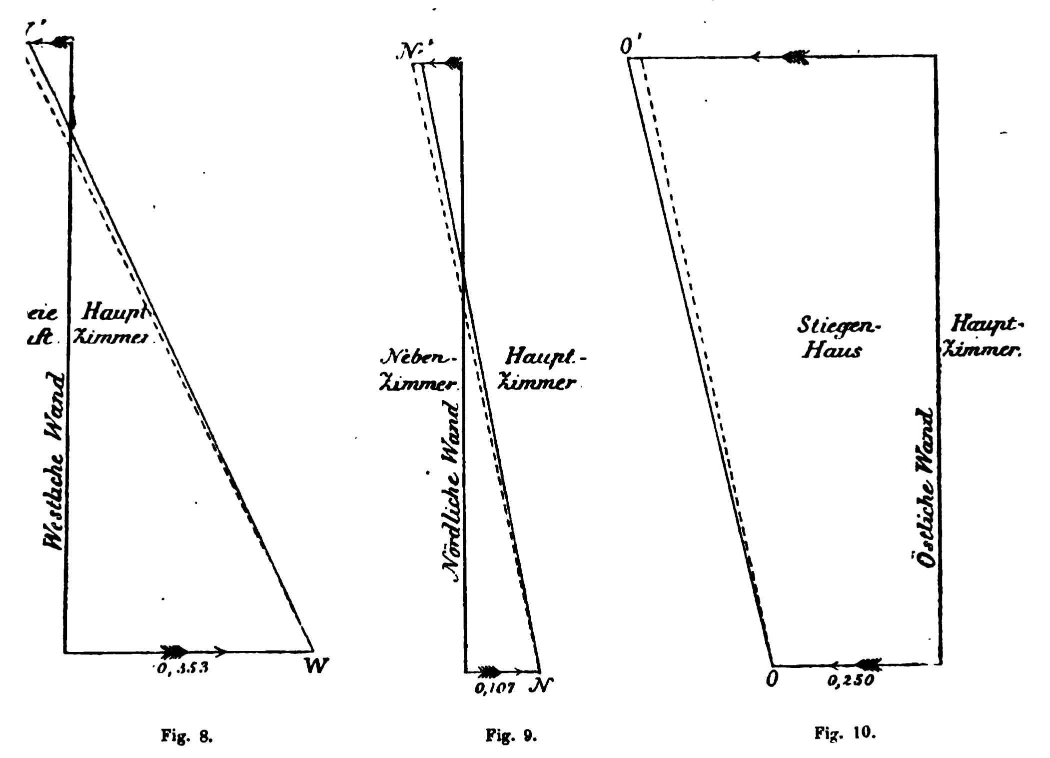


Fig. 8. Fig. 9. Fig. 10.

geringen Höhe (0,12 m) über dem Fussboden, in welcher die Ueberdrücke Nr. 3, 5 und 7 beobachtet wurden, können die am Boden

eingetragenen Kräfte 0,353, — 0,250 und 0,107 als beobachtete Elemente der Rechnung gelten (Ordinaten am Ursprung).

Theoretisch bestimmt sind hingegen die Winkel, welche die Drucklinien WW', NN', OO' mit den Wänden bilden. Eben diese Winkel sind andererseits insofern beobachtet, als für jede dieser Geraden noch ein zweiter Punkt experimentell ermittelt wurde.

Die Abweichungen scheinen mir klein genug, um die Folgerung zu rechtfertigen, dass die gewöhnlichen Zustände der Gebäude den Voraussetzungen der Rechnung mit hinreichender Annäherung genügen. Insbesondere hat sich die ungleiche Vertheilung der Temperatur über die Höhe, welcher ich die Fehler zuschreibe, nicht übermässig störend gezeigt.

V.

Eine Anwendung auf die Anlage von Ventilationscanälen.

Druckverhältnisse, wie sie am 11. December 1878 zwischen dem Versuchszimmer und dem Stiegenhause bestanden, werden an kalten Wintertagen regelmässig in jedem mehrstöckigen Wohnhause stattfinden. An Wänden, welche Zimmer des Erdgeschosses vom Stiegengause scheiden, wird bei geschlossener Hausthüre über die ganze Höhe hin der Ueberdruck negativ, d. h. vom Zimmer aus in das Stiegenhaus hinein gerichtet sein. Und zwar wird dieses um so sicherer der Fall sein, je wärmer und je höher das Stiegenhaus ist, je besser die Hausthüre und je schlechter die Speicherthüre schliesst, und je leichter überhaupt die Luft oben aus dem Stiegenhause entweichen kann.

Daraus folgt, dass die ziemlich häufige Ventilationseinrichtung, bei welcher die frische Luft aus der Hausflur mittelst eines die Mauer durchsetzenden Canales in den Mantel des Ofens geleitet wird, welcher das zu ventilirende Zimmer heizt, wenigstens für Parterrelokalitäten ganz und gar zu verwerfen ist.

Diese Einrichtung führt nämlich an kalten Wintertagen, also gerade dann, wenn man sich ihr am liebsten vertrauensvoll überlassen möchte, zu dem Uebelstande, dass bei Erkaltung des Ofens unter eine sogleich näher anzugebende, möglicherweise noch ziemlich

hohe Temperatur die Luft den unseren Wünschen und Interessen entgegengesetzten Weg einschlägt, indem sie aus dem Zimmer von oben in den Mantel eintritt, am Ofen abwärts zieht und sammt der aufgenommenen Ofenwärme durch den Canal in die Hausflur ausströmt.

Wenn (durch Rechnung oder Beobachtung) die Druckdifferenz (— q) bekannt ist, welche nahe am Boden zwischen dem Zimmer und dem Stiegenhaus besteht, so ist leicht anzugeben, wie hoch die mittlere Temperatur der im Mantel befindlichen Luft sein muss, damit der eben beschriebene Uebelstand vermieden wird.

Würde nämlich die Luft des Mantels nur die Temperatur der übrigen Zimmerluft haben, so würde sie mit der Kraft q durch den Canal in die Hausflur getrieben. Ist hingegen die Luft im Mantel wärmer als im Zimmer, so ist das Gleichgewicht zwischen der Mantelluft und der aussen in der Hausflur befindlichen dann hergestellt, wenn die Gewichtsdifferenz zwischen einer dem Mantel an Höhe gleichen Säule Zimmerluft und der Mantelluft gerade den bestehenden Ueberdruck q ausgleicht. (Alle Luftsäulen über einem Quadratmeter gedacht.)

Sei h die Höhe des Mantels, T_m die mittlere Temperatur der Mantelluft, T_r die Temperatur der Zimmerluft, so ist zum Gleichgewicht erforderlich und hinreichend, dass

$$-q = h\ 1{,}293\ \frac{B}{760} \cdot \frac{T_m - T_r}{270 + T_m + T_r},$$

woraus T_m berechnet werden kann, wenn die übrigen Grössen bekannt sind.

Hat (— q) die am 11. December 1878 in dem Versuchszimmer beobachtete Grösse 0,255, ist ferner $h = 1{,}5^m$, $B = 732$, $T_r = 18^0$ C., so folgt

$$T_m = 66{,}4^0 \text{ C.}$$

Es musste also die mittlere Temperatur der Mantelluft unter den gegebenen Verhältnissen 66,4⁰ übersteigen, wenn der Ventilationscanal in gewünschter Weise wirken sollte.

Versuche, welche ich an dem genannten Tage ausführte, ergaben, dass bei geschlossener Zimmercirculation und geöffnetem

Ventilationscanal durch letzteren kein nachweisbarer Luftstrom gieng, wenn bei abgesperrtem Ventilationscanal und geöffneter Zimmercirculation die aus dem Zimmer durch den Ofenmantel aufsteigende Luft oben mit einer Temperatur von 130° ausströmte.

Die Temperatur des Ofens musste demnach höher als 130° sein, wenn sie im Stande sein sollte, den mächtigen Einfluss (Aspiration) des geschlossenen Stiegenhauses eben noch zu paralysiren.

Als der Ofen weiter erkaltete, wurde die Geschwindigkeit des durch den Canal in das Stiegenhaus entweichenden Luftstromes anemometrisch messbar. Derselbe entführte von nun an mit zunehmender Geschwindigkeit die Wärme aus dem Zimmer, dem er sie hätte zuführen sollen.

Um den Strom jetzt noch zur Umkehr zu zwingen, musste man die Hausthüre öffnen, wodurch die Luft der Hausflur mit der äusseren nahezu ins Gleichgewicht gesetzt wurde [1]) und folglich die aspirirende Kraft des Zimmers und Ofenmantels zur Geltung kommen konnte.

Aus diesen Ausführungen folgt die Vorschrift, dass Canäle, welche Ofenmänteln frische Luft zuführen sollen, nicht mit der Hausflur, sondern mit der freien Luft in Verbindung zu setzen sind.

Mit Rücksicht auf negativen Winddruck sollten in unseren Gegenden solche Canäle nach Norden oder Süden frei ausmünden und an ihrer Mündung mit einer Vorrichtung versehen sein, welche geeignet ist, den Wind in den zwei zur Canalachse senkrechten Richtungen (West und Ost) zu fangen. Noch zuverlässiger und zugleich zur Ventilation mehrer Zimmer verwendbar wäre ein besonderer Windkessel mit undurchdringlichen Wänden, von welchem alle Luftzufuhrcanäle auslaufen können. Dieser „Windkessel“ ist mit der äusseren Luft so in Verbindung zu setzen, dass der Druck der in ihm enthaltenen Luft nie erheblich geringer werden kann als der Druck der in gleichem Niveau befindlichen freien Luft.

1) Vergl. den zweiten Fundamentalversuch. Erste Abhandlung I, 2. b S. 6.

Luftuntersuchungen in Schulzimmern.

Von

Dr. **A. Schottky.**

(Ein Bericht an den Magistrat der Haupt- und Residenzstadt Breslau.)

Die vom Magistrat zu Breslau für meine Untersuchungen angewiesenen Schulen waren die 4 Elementarschulen in dem neuen Gebäude Kirchstrasse 1. 2. 3, Parterre, 1., 2. und 3. Stock, in welchem die Luftheizung mit Ventilation des Ofenbaumeisters Doberschinsky eingerichtet ist, und die evangelische Elementarschule Nr. 7, Kirchstrasse 28, zur Ehrenpforte, von welcher 3 Klassen im Vorderhause sich befinden, mit Kachelofenheizung, während 3 andere Schulzimmer in dem neu gebauten Hinterhause in 3 verschiedenen Stockwerken untergebracht und mit eisernen Regulirfüllöfen versehen sind. Es lagen demnach 3 verschiedene Heizsysteme vor, und der Zweck der Untersuchungen war, ihren Werth für die Beschaffenheit der Luft nach Temperatur, nach dem Einflusse auf Ventilation der Schulzimmer und nach dem Gehalt an relativer Feuchtigkeit festzustellen, letzteres speciell deswegen, weil dem Luftheizungssystem der häufige Vorwurf gemacht wird, dass es eine gesundheitsschädliche Trockenheit der Luft hervorbringe.

Es ist nothwendig, jetzt schon hervorzuheben, dass das Wetter während der Zeit der Versuche, vom 6. Februar bis 2. April 1878, für die Entscheidung dieser Fragen nicht günstig war. Es war so mild (die niedrigste Temperatur der Aussenluft während der Untersuchungen betrug am 14. März — 0,3, die höchste beobachtete war am 25. Februar + 6,6, das Mittel + 2,37), dass einmal die natürliche Ventilation durch die Undichtheiten an Fenstern und Thüren und durch die Poren der Baumaterialien geringer sein musste, als sie in einem harten Winter gewesen sein würde; zweitens aber war das psychische Empfinden der schlechten Luftbeschaffenheit und das Bedürfniss nach besserer bei Lehrern und Schülern so gross, dass trotz ganz bedeutender Temperaturverschiedenheiten aussen und innen und trotz der entstehenden Unzuträglichkeiten unangenehmen Zuges häufig während des Unterrichtes in den mit Kachel-

ofen und Regulirfüllöfen geheizten Räumen Thüren und Fenster geöffnet waren. Trotzdem ergeben die gefundenen Zahlen Werthe, die eine Vergleichung der verschiedenen Heizsysteme zulassen; überdies wurden auf meinen Wunsch mehrmals während des Unterrichtes auch in den ungünstigsten Localen Thür und Fenster geschlossen gehalten und nur während den Zwischenstunden geöffnet, den Anforderungen entsprechend, die man an die Einrichtungen eines jeden Schulzimmers zunächst stellen sollte.

Die directen Untersuchungen bezogen sich auf Bestimmungen der Temperatur, der relativen Feuchtigkeit und des Kohlensäuregehaltes.

Die Bestimmung der relativen Feuchtigkeit geschah mittelst des August'schen Psychrometers, und zwar war das Instrument, das früher im Besitze des verstorbenen Prof. Marbach war und das ich der Güte des Herrn Dr. Beblo verdanke, nach meinen Ermittlungen ein ganz vorzügliches. Aus den Ablesungen wurde die relative Feuchtigkeit zum Theil berechnet, zum Theil nach den Psychrometertafeln von Dr. C. Jelinek gefunden, die auf den österreichischen meteorologischen Stationen im allgemeinen Gebrauche sind. Die Temperaturen des trockenen Thermometers dienten zugleich zur Bestimmung der Temperatur der Schulzimmerluft und als Factor bei der Berechnung der Kohlensäuremengen.

Da der Gehalt an relativer Feuchtigkeit einen bedeutenden, wenn auch noch durchaus nicht sicher ermittelten Einfluss auf unser Wohlbefinden ausübt und es wünschenswerth ist, dass ebenso wie in vielen Schulzimmern jetzt Thermometer vorhanden sind, auch Hygrometer angebracht werden, will ich hier einfügen, dass ich während und neben meinen Psychrometerbeobachtungen in der Schule auch solche mit dem Klinkerfues'schen Patent-Hygrometer vornahm, an zwei Exemplaren, die mir zu diesem Zwecke Herr J. H. Büchler überlassen hatte. Beide Instrumente waren sogar für approximative Werthe gänzlich unbrauchbar: das eine zeigte gegen das Psychrometer Differenzen von 1,3 — 11,6% relativer Feuchtigkeit zu wenig, das andere von 9% zu viel bis 3% zu wenig; ebenso sind die kleinen daran befindlichen Thermometer recht ungenügend, da sie Abweichungen von 0,9 zu wenig

bis 0,9 zu viel, resp. von 2,4 zu wenig bis 0,8 zu viel zeigten. Da überdies die einfachsten dieser Patent-Hygrometer 15 Mk. kosten, so erscheinen sie durchaus nicht empfehlenswerth.

Die Kohlensäurebestimmungen wurden nach der Pettenkofer'schen Methode, in der von Prof. Fr. Schulze in Rostock modificirten Form [1]), vorgenommen. Flaschen von rein weissem Glase, deren Capacität ich auf 1^{ccm} Genauigkeit bestimmt hatte und die ca. 5 Liter fassten, wurden, innen vollständig trocken, durch 60—80 Stösse eines Blasebalges von beiläufig $^1/_2$ Liter Inhalt mit der Luft des Schulzimmers annähernd in Kopfhöhe der Kinder gefüllt, die Oeffnungen zweimal mit Kautschukplatten dicht verbunden; in dem mir zur Verfügung gestellten Zimmer des Schulgebäudes Kirchstrasse 1/3 nahm ich dann die obere Platte fort, stiess mit der bereits mit Barytwasser gefüllten Pipette durch die untere Platte eine Oeffnung und liess das Barytwasser in die Flasche laufen; dann wurde die zweite Platte wieder luftdicht überbunden und die Absorption der Kohlensäure durch wiederholtes Umschwenken der Flasche begünstigt. Der angewendete Ueberschuss an Aetzbaryt wurde mit einer Oxalsäurelösung gemessen, die Liter im 2,8636^g enthielt, von der also 1^{ccm} einem Milligramm Kohlensäure entsprach; dazu wurde die obere Kautschukplatte fortgenommen, mit einer Pipette einige Tropfen Curcumatinctur als Indicator zugesetzt und ohne Zeitverlust durch die Oeffnung der unteren Kautschukplatte die Spitze der Oxalsäurebürette eingeführt und in der Flasche selbst austitrirt. Die Reaction verlief in allen Fällen sehr schön und auf 1 Tropfen Oxalsäurelösung Genauigkeit, was also einer Genauigkeit von $^1/_{20}$^{mg} Kohlensäure entspricht. Versuche, die ich mit Rosolsäurelösung als Indicator anstellte, ergaben ganz schlechte Resultate, da der kohlensaure Baryt auf diesen Farbstoff einzuwirken scheint.

Die Oxalsäurelösung war aus mehrfach umkrystallisirter reiner Oxalsäure dargestellt und zwar die für jeden Versuchstag ausreichende Quantität an diesem Tage, die Barytlösung aus mehrfach umkrystallisirtem Aetzbaryt unter Zusatz von $^1/_{20}$ Chlorbaryum; der

1) Tägl. Beobachtungen über den Kohlensäuregehalt der Atmosphäre zu Rostock, von Franz Schulze. 1871.

Liter wurde für jeden Tag dreimal bestimmt: vor Beginn der ersten Verwendung, nach der letzten Verwendung und vor dem Titriren mit Oxalsäure.

Die Luftproben wurden sämmtlich früh genommen, sofort mit Barytwasser versetzt; das Titriren mit Oxalsäure Nachmittags, nach mehr als zweistündigem Stehen ausgeführt.

Ausser den Kohlensäurebestimmungen der Schulzimmerluft wurden solche der Aussenluft vorgenommen, an jedem Versuchstage eine, mit Ausnahme des 20. Februar, an welchem Tage die betreffende Flasche unbrauchbar wurde.

Die Berechnung des Kohlensäuregehaltes erfolgte nach den bekannten Regeln: das Volum der Luft wurde auft 0° reducirt und daraus das Gewicht der Luft berechnet; das Verhältniss der gefundenen Zahl zu der direct gefundenen Kohlensäuremenge giebt den Gehalt an Kohlensäure in Gewichtstheilen, welcher dann auf Volumtheile umgerechnet wurde.

Ich will hier gleich erwähnen, dass Barometerbeobachtungen nicht stattfanden; es standen mir für diese Untersuchungen genaue Instrumente leider nicht zur Verfügung; überdies sind die dafür anzubringenden Correcturen bei der Berechnung der Volumtheile Kohlensäure, sowie bei der der relativen Feuchtigkeit zu gering, um bei den aus einer grösseren Zahl von Versuchen gezogenen allgemeineren Resultaten ins Gewicht zu fallen.

Von den für die Untersuchungen zur Verfügung gestellten Räumen wählte ich folgende:

I. Centralluftheizung.

Luftheizung und besondere Ventilationsschlote, welche unter dem Dach auf dem Boden seitlich sich öffnen; es münden von jedem Zimmer 2 Oeffnungen hinein, eine am Fussboden, Winterventilation, die andere unter der Decke, Sommerventilation; die heisse Luft streift in den Oefen über mit Wasser gefüllte Wannen.

1. I. Stock, Zimmer 3. Eckzimmer, auf einer Seite mit 3, auf der anderen mit 2 Fenstern. Lufteinströmung und -abzug an derselben Wand. Raum 7,9^{m} lang, 5,96^{m} breit, 3,72^{m} hoch; Inhalt 175,5^{cbm}. 65 Knaben und Mädchen, und 49 resp. 43 Mädchen (Handarbeitsunterricht), durchschnittlich 13 Jahre alt. Die Versuche,

am 6. und 11. Februar je 1, am 15. Februar 7, am 6. März 4, am 27. März und 2. April je 3, wurden angestellt bei geschlossenen und offenen Heizklappen, die letzten bei einer auf meinen Wunsch getroffenen Einführung des Ventilationsschlotes in den Schornstein.

2. I. Stock, Zimmer 6. Die Zimmer 6 in sämmtlichen Geschossen des Gebäudes liegen auf einer anderen Seite als die Heizungen und haben keine besetzten Nebenräume. Zwischen ihnen und den Zimmern der anderen Seite läuft ein 4^{m} breiter Corridor. Während bei den übrigen Räumen die Heizkanäle senkrecht steigen, sind sie für die Zimmer 6 mit ganz unbedeutender Steigung 5^{m} gezogen, ohne deswegen erweitert worden zu sein. Raum 7,0^{m} lang, 5,95^{m} breit, 3,72^{m} hoch; Inhalt 155,4^{cbm}. Lufteinströmung und -abzug an derselben Wand. 2 Fenster. 69 Kinder von 7—8 Jahren. Versuche am 6. und 11. Febr. je 1, am 20. Febr. 4.

3. Parterre, Zimmer 4. 3 Fenster; Lufteinströmung und -abzug an gegenüberliegenden Wänden. Raum 7,5^{m} lang, 6,0^{m} breit, 3,72^{m} hoch; Inhalt 166,5^{cbm}. 65 Kinder von 9 Jahren. Versuche am 14. März 4.

4. II. Stock, Zimmer 4. Raum wie 3. 65 Kinder von 7—8 Jahren. Versuche am 6. und 11. Februar je 1, am 22. Februar 4, am 27. März und 2. April je 2, bei letzteren der Ventilationsschlot in den Schornstein geführt.

5. II. Stock, Zimmer 6. Raum wie 2. 50 Kinder von 12 Jahren. Versuche am 6. und 11. Februar je 1, am 25. Februar 4, am 27. März und 2. April je 3, bei letzteren der Ventilationsschlot durch ein kurzes Blechrohr ins Freie geführt; das steil abfallende Dach überragt die Schlotöffnung bedeutend.

Fenster und Thüren waren in den Räumen 1—5 während des Unterrichtes geschlossen.

II. Regulirfüllofenheizung.

6. Kirchstrasse 28, Ehrenpforte, Hinterhaus, II. Stock. 3 Fenster, oben mit je einer durch Innen- und Aussenfenster gehenden Ventilationsöffnung, die von den aussen angebrachten Jalousien vollständig gedeckt wird. Raum 8,96^{m} lang, 5,79^{m} breit, 3,76^{m} hoch; Inhalt 196^{cbm}. 65 Mädchen von 10—11 Jahren. Versuche am 6. und 11. Februar je 1, am 22. April 4.

Ich zog vor, die Untersuchungen in diesem Zimmer nicht weiter fortzusetzen, da Fenster oder Thüren, oder beides beständig offen gehalten wurden.

7. Kirchstrasse 28, Hinterhaus, Parterre. Raum wie 6. 58 Mädchen von 13 Jahren. Versuche am 25. Febr. und 14. März je 4.

III. Kachelofenheizung.

8. Kirchstrasse 28, Vorderhaus, Parterre rechts. 4 Fenster. Raum 9,7 ^{m} lang, 6,32 ^{m} breit, 3,87 ^{m} hoch; Inhalt 238 ^{cbm}. 72 Kinder von 7 Jahren. Versuche am 6. und 11. Februar je 1, am 20. Februar und 6. März je 4.

Aus der Wahl der mit Centralluftheizung erwärmten Zimmer ist ersichtlich, dass ich neben einem anscheinend günstigst gelegenen Eckzimmer Nr. 3 mit 5 Fenstern, in 2 Etagen je 1 Zimmer Nr. 4 in Durchschnittslage und ebenso in 2 Etagen je 1 Zimmer Nr. 6 als ungünstigste, sowohl was Besetzung durch die Schülerzahl als Verbindung mit den Heizapparaten anlangt, in das Bereich der Untersuchungen zog.

Es schliessen sich ausserdem die Untersuchungen an, die mir in 2 Schulzimmern des Magdalenen-Gymnasiums vorzunehmen bereitwilligst gestattet wurde.

IV. Warmwasserheizung.

Die Zimmer haben unter der Decke 2 sehr kleine Ventilationsöffnungen, die nach dem Schornstein führen; sie waren, jedoch nicht auf meine Veranlassung, geschlossen.

9. V ^{1}. 2. Stock, Eckzimmer, 4 Fenster. Raum 6,9 ^{m} lang, 6,15 ^{m} breit, 4,0 ^{m} hoch; Inhalt 170 ^{cbm}. 45 Schüler von 11 Jahren. Versuche am 6. April 4.

10. IV ^{1}. 2. Stock, 3 Fenster. Raum 6,15 ^{m} lang, 8,82 ^{m} breit, 4,0 ^{m} hoch; Inhalt 217 ^{cbm}. 59 Schüler von 12 Jahren. 4 Versuche am 6. April.

Dazu kommen die Bestimmungen des Kohlensäuregehaltes der Aussenluft. Die Proben wurden genommen in dem grossen Hofraum des Schulgebäudes Kirchstrasse 1/3 am 6., 11., 15., 22. und 25. Februar, am 6., 14., 27. März und 2. April, und für die Versuche im Magdalenaeum in dessen Hofe am 6. April.

Ich lasse zunächst im Text die Resultate der Untersuchungen folgen, nach dem Datum geordnet:

lfd. Nummer	Tag	Stunde	Schulzimmer	Temperatur	relat. Feuchtigkeit in %	Kohlensäure vol. ‰	Bemerkungen
	Febr.						
1	6.	9.30	Kirchstr. 28 H.H. II. St.	18,5	68,4	1,525	Thür offen
2	„	9.45	„ V.H. Pt.	19,2	69,1	4,64	
3	„	10.	„ 1/3 I. St. Z. 3	20,6	75,4	4,43	
4	„	10.30	„ I. St. Z. 6	16,8	72,6	2,72	
5	„	10.45	„ II. St. Z. 6	18,5	78,5	3,32	
6	„	11.	„ II. St. Z. 4	17,2	65,3	1,22	seit 10 Uhr leer, Thür und Fenster geschlossen
7	„	11.10	„ im Hofe	3,5		0,22	
8	11.	9.	„ I. St. Z. 3	17,9	68,8	3,14	
9	„	9.5	„ I. St. Z. 6	16,9	67,9	2,72	
10	„	9.15	„ II. St. Z. 4	19,4	55,6	2,43	
11	„	9.30	„ II. St. Z. 6	19,2	62,9	2,14	
12	„	9.45	„ 28 Vorderh. Pt.	17,1	67,2	4,27	
13	„	10.	„ H.H. III. St.	23,2	59,8	2,65	1 Fenster offen
14	„	10.30	„ 1,3 im Hofe	1,1		0,31	
15	15.	7.30	„ I. St. Z. 3	16,0	61,2	1,90	Heizklappen ¾ offen
16	„	8.30	„ I. St. Z. 3	17,3		2,54	
17	„	9.15	„ I. St. Z. 3	17,9		2,81	
18	„	10.	„ I. St. Z. 3	18,8		2,63	
19	„	10.30	„ I. St. Z. 3	20,4		2,29	Handarbeitsunterricht, 49 Kinder
20	„	11.	„ I. St. Z. 3	19,0	68,9	1,87	
21	„	11.45	„ I. St. Z. 3	19,3	67,6	2,16	
22	„	9.30	„ im Hofe	2,8		0,396	
23	20.	7.30	„ I. St. Z. 6	13,6	67,6	0,32	Heizklappen beinahe geschlossen
24	„	8.45	„ I. St. Z. 6	17,0	75,7	2,71	
25	„	9.40	„ I. St. Z. 6	18,2	77,5	3,89	Luft schauerlich
26	„	10.50	„ I. St. Z. 6	18,7	76,8	3,64	
27	„	7.45	„ 28 Vorderh. Pt.	13,9	62,7	0,61	
28	„	8.55	„ Vorderh. Pt.	17,2	69,1	2,83	1 Fenster offen
29	„	9.55	„ Vorderh. Pt.	17,6	68,9	3,35	
30	„	11.10	„ Vorderh. Pt.	17,3	61,7	1,79	2 Fenster offen
31	22.	7.15	„ 1/3 II. St. Z. 4	15,9	57	0,26	
32	„	8.40	„ II. St. Z. 4	19,7	68	2,76	Heizklappe beinahe geschlossen
33	„	10.	„ II. St. Z. 4	20,4	67	2,92	
34	„	10.45	„ II. St. Z. 4	21,4	66	3,40	
35	„	7.35	„ 28 Hinterh. II. St.	17,7	52	0,44	
36	„	8.55	„ Hinterh. II. St.	22,0	62	2,18	1 Fenster offen
37	„	9.35	„ Hinterh. II. St.	24,5	58	2,91	
38	„	11.10	„ Hinterh. II. St.	23,6	59	3,31	
39	„	8.20	„ 1/3 im Hofe	6,4	66	0,24	
40	25.	7.10	„ II. St. Z. 6	14,3	66	0,34	

lfd. Nummer	Tag	Stunde	Schulzimmer	Temperatur	relat. Feuchtigkeit in $^0/_0$	Kohlensäure vol. $^0/_{00}$	Bemerkungen
	Febr.						
41	25.	8.45	Kirchstr. 1/3 II. St. Z. 6	18,7	76	1,99	Heizklappe geschlossen
42	„	10.45	„ II. St. Z. 6	19,7	77	5,00	
43	„	10.50	„ II. St. Z. 6	19,7		5,08	
44	„	7.30	„ 28 Hinterh. Pt.	14,5	56	0,34	
45	„	9.15	„ Hinterh. Pt.	25,4	55	4,04	
46	„	9.55	„ Hinterh. Pt.	26,2	59	5,15	
47	„	11.5	„ Hinterh. Pt.	23,5	62	3,50	
48	„	8.15	„ 1/3 im Hofe	6,6	81	0,28	
	März						
49	6.	7.35	„ I. St. Z. 3	18,3	57	0,363	
50	„	8.45	„ I. St. Z. 3	21,1	62	2,62	um 8.30 Heizklappe geschlossen
51	„	10.	„ I. St. Z. 3	22,4	66	3,87	um 8.30 Heizklappe geschlossen
52	„	11.20	„ I. St. Z. 3	22,9	66	3,66	
53	„	7.50	„ 28 Vorderh. Pt.	13,6	61	0,42	
54	„	9.	„ Vorderh. Pt.	17,6	62	2,52	1 resp. 1 und ½ Fenster offen
55	„	9.45	„ Vorderh. Pt.	17,8	67	3,39	
56	„	11.35	„ Vorderh. Pt.	18,2	63	2,97	
57	„	8.25	„ 1/3 im Hofe	4,9	73	0,301	
58	14.	7.15	„ Pt. Z. 4	14,5	46	0,359	
59	„	8.50	„ Pt. Z. 4	19,4	55	3,03	Klappen offen
60	„	10.50	„ Pt. Z. 4	20,6	57	2,99	
61	„	11.50	„ Pt. Z. 4	21,4	58	2,92	
62	„	7.40	„ 28 Hinterh. Pt.	13,8	43	0,35	
63	„	9.10	„ Hinterh. Pt.	24,5	53	3,96	
64	„	10.	„ Hinterh. Pt.	22,6	56	4,32	
65	„	11.15	„ Hinterh. Pt.	22,7	56	4,31	
66	„	8.15	„ 1/3 im Hofe	−0,3		0,284	
67	27.	8.45	„ I. St. Z. 3	16,9		1,86	alle Klappen offen; Ventilationsschlot in den Schornstein
68	„	9.40	„ I. St. Z. 3	18,9		2,61	
69	„	11.15	„ I. St. Z. 3	19,5		2,54	
70	„	8.50	„ II. St. Z. 4	16,5		0,960	bis 8.50 stand 1 Fenster offen; Heizklappe um 9 Uhr geschlossen; Ventilationsschlot in den Schornstein
71	„	9.45	„ II. St. Z. 4	18,2		3,10	
72	„	9.	„ II. St. Z. 6	17,8		2,86	alle Klappen offen; Ventil.-Schlot übers Dach geführt
73	„	9.55	„ II. St. Z. 6	19,5		3,15	
74	„	11.25	„ II. St. Z. 6	19,8		3,04	

lfd. Nummer	Tag	Stunde	Schulzimmer	Temperatur	relat. Feuchtigkeit in %	Kohlensäure vol. ‰	Bemerkungen
75	März 27.	11.	Kirchstr. 1/3 im Hofe	3,2		0,304	
76	April 2.	8.30	„ I. St. Z. 3	18,1		1,67	alle Klappen offen; Ventilationsschlot in den Schornstein
77	„	9.30	„ I. St. Z. 3	19,9		2,92	
78	„	10.45	„ I. St. Z. 3	20,5		2,13	
79	„	8.40	„ II. St. Z. 4	18,4		2,04	dtto. dtto.
80	„	9.40	„ II. St. Z. 4	20,0		2,62	
81	„	8.45	„ II. St. Z. 6	17,7		2,23	dtto.; Ventilationsschlot übers Dach
82	„	9.45	„ II. St. Z. 6	19,5		2,50	
83	„	10.50	„ II. St. Z. 6	19,7		2,74	
84	„	9.	„ im Hofe	4,1		0,27	
85	6.	8.45	Magdalenaeum II. St. V²	18,6	71	2,67	
86	„	9.45	„ II. St. V²	19,1	70	3,94	
87	„	11.30	„ II. St. V²	19,2	66	3,24	
88	„	12.45	„ II. St. V²	19,6	63	2,28	jedenfalls hatte während des Unterrichtes 1 Fenster offen gestanden
89	„	9.	„ II. St. IV²	18,9	67	2,78	v. 8—8.55 1 Fenster offen
90	„	10.	„ II. St. IV²	20,2	70	3,90	
91	„	11.45	„ II. St. IV²	20,9	72	4,52	
92	„	1.	„ II. St. IV²	21,4	74	5,25	
93	„	9.10	„ im Hofe	8,9		0,230	

Aus der vorstehenden Zusammenstellung und aus der Tabelle A, in welcher dasselbe Material, doch in anderer Reihenfolge, nach den Localitäten geordnet, sich findet, lassen sich schon einige Schlüsse auf den Werth der Heizvorrichtungen, sowie auf die Stärke der Ventilation ziehen. Die ersten 14 Versuche am 6. und 11. Februar kommen dabei nicht in Betracht und sind deswegen in die Tabelle A gar nicht aufgenommen worden; sie dienten zur Uebung in der Arbeit und vorzugsweise zur Orientirung in der Auswahl der Räumlichkeiten.

Temperatur.

Die Durchschnittstemperaturen während des Unterrichtes, die Maxima und Minima sind folgende:

I. Centralluftheizung.

Kirchstrasse 1/3	I. St.	Z. 3:	D. 18,5	Max. 22,9	Min. 16,9
„ „	I. St.	Z. 6:	„ 17,32	„ 18,7	„ 16,8
„ „	Part.	Z. 4:	„ 20,46	„ 21,4	„ 19,4
„ „	II. St.	Z. 4:	„ 19,02	„ 21,4	„ 16,5
„ „	II. St.	Z. 6:	„ 19,07	„ 19,8	„ 17,7

II. Regulirfüllofenheizung.

Kirchstrasse 28	Hinterhaus II. St.:	D. 22,36	Max. 24,5	Min. 18,5
„ „	„ Part.:	„ 24,15	„ 26,2	„ 22,6

III. Kachelofenheizung.

Kirchstrasse 28	Vorderhaus Part.:	D. 17,75	Max. 19,2	Min. 17,1

IV. Warmwasserheizung.

Magdalenaeum	II. St. V²:	D. 19,1	Max. 19,6	Min. 18,6
„	II. St. IV²:	„ 20,3	„ 21,4	„ 18,9

Die Temperaturen ad I und IV erscheinen angemessen und geben zu Bemerkungen keinen Anlass. Die bei III, Kachelofenheizung, sind etwas niedrig, was bei dem Offenstehen der Fenster erklärlich ist. Die bei der Beheizung mit Regulirfüllöfen beobachteten sind dagegen Temperaturen, die auf jeden Eintretenden auf das unangenehmste wirken, und die zweifelsohne bei dem längeren Aufenthalte der Schüler und des Lehrers gesundheitsschädlichen Einfluss haben werden. Berücksichtigt man überdies, dass die Temperaturen gemessen wurden an dem dem Ofen entgegengesetzten Ende des Zimmers, dass im 2. Stocke, Temperaturdurchschnitt 22,36, das eine Mal die Thür, das andere Mal ein Fenster offen gestanden haben; ferner, dass die Temperaturen in Kopfhöhe der Kinder gemessen wurden, dass aber nach zwei Messungen schon 3′ höher zur selben Zeit das Thermometer 3,9 und 4,1° mehr zeigte, so ist es kaum zu erklären, wie der Lehrer in einem solchen Raume ohne dauernden Schaden für seine Gesundheit aushalten kann, ganz abgesehen von den Wirkungen, die die sonstige Beschaffenheit der Luft auf ihn ausüben wird. Wie wenig sich die fraglichen Oefen für Schulzimmer eignen, erhellt aber noch aus den in der Tabelle A und vorstehend im Text angeführten Zahlen,

dass um 7,30 resp. 7,40, also 30 und 20 Minuten vor Schulbeginn noch die sehr niedrigen Temperaturen von 14,5 und 13,8 beobachtet wurden.

Von der Verwendung der Regulirfüllöfen für Schulen ist demnach abzurathen, weil sie sehr schnell und sehr stark auf einmal heizen, weil dieser Uebelstand bei einem für ein grosses Zimmer nöthigen grossen Ofen besonders hervortreten muss, und weil die Regulirung der Temperatur durch theilweises Oeffnen und Schliessen der Schieber fortwährende Aufmerksamkeit und Bedienung verlangt.

Relative Feuchtigkeit.

I. Centralluftheizung.

	D.	Max.	Min.	Min. im leeren Zimmer
Kirchstr. 1/3 I. St. Z. 3:	67,8	75,4	62	57
„ „ I. St. Z. 6:	74,1	77,5	67,9	67,6
„ „ Part. Z. 4:	56,6	58	55	46
„ „ II. St. Z. 4:	64,2	68	55,6	57
„ „ II. St. Z. 6:	73,6	78,5	62,9	66

II. Regulirfüllofenheizung.

	D.	Max.	Min.	Min. im leeren Zimmer
Kirchstr. 28 Hinterh. II. St.:	61,44	68,4	58	52
„ „ „ Part.:	56,8	59	53	43

III. Kachelofenheizung.

	D.	Max.	Min.	Min. im leeren Zimmer
Kirchstr. 28 Vorderh. Part.:	66,0	69	61,7	61

IV. Warmwasserheizung.

	D.	Max.	Min.
Magdalenaeum II. St. V²:	67,5	71	63
„ II. St. IV²:	70,75	74	67

So verschieden die vorstehenden Zahlen sind, so lässt sich doch kaum eine Schlussfolgerung daran knüpfen. Die Angaben über die Abhängigkeit unseres Wohlbefindens von dem Feuchtigkeitsgehalt der Luft bewegen sich innerhalb sehr weiter Grenzen.

C. Lang[1]) sagt: „Es ist auch der Wassergehalt der Wohnungsluft für die Frage der Gesundheit von Belang; die Grenzen der Feuchtigkeit sind aber sehr weit gesteckt, so dass wir uns zwischen 50% und 70% der Sättigung behaglich fühlen.“

Roscoe[2]) nimmt als Maass das Mittel des Feuchtigkeitsgehaltes der Atmosphäre, 75%, an und meint, dass dieser Gehalt auch für

1) Ueber natürliche Ventilation S. 6.

2) Journal f. prakt. Chemie 73, 395—397.

unsere Wohnzimmer wünschenswerth sei; ferner, dass nach den Erfahrungen im Hause der Lords die Luft sich bei einer Sättigung zwischen 55 und 82 % angenehm athme.

Gottschalk[1]) fand bei seinen Untersuchungen der Luft von 2 besetzten Schulzimmern eine relative Feuchtigkeit

D. 49,18	Max. 67,28	Min. 31,34
„ 46,85	„ 58,97	„ 30,33

für die Temperatur 18,75°.

Aus den von mir gefundenen Zahlen geht hervor, dass bei der Luftheizungsanlage die getroffene Einrichtuug, die heisse Luft über offene mit Wasser gefüllte Gefässe streichen zu lassen, genügt, der Zimmerluft den erforderlichen Feuchtigkeitsgehalt zu ertheilen; es scheint ferner daraus hervorzugehen, dass in den stark besetzten Schulzimmern die Wasserverdunstung durch Haut und Lungen den Gehalt an Feuchtigkeit sehr schnell über die Minimalgrenze hinausrückt; dass bei der Centralluftheizung die Lage der Zimmer zu und ihre Verbindung mit den Heizapparaten eine wesentliche Rolle spielt — im Parterre wurde der niedrigste Gehalt, in den Zimmern 6 des ersten und zweiten Stockwerkes, zu denen die Heizkanäle gezogen sind, der höchste Gehalt an relativer Feuchtigkeit gefunden; ferner, dass das Bedürfniss an Feuchtigkeit zur Erreichung des Wohlbehagens abhängig zu sein scheint von der Temperatur, derart dass mit der höheren Temperatur nicht bloss der absolute, sondern auch der relative Feuchtigkeitsgehalt zu erhöhen ist; denn während Parterre Kirchstrasse 1/3 Zimmer 4 bei der Temperatur 20,46 (D) der relative Feuchtigkeitsgehalt von 56,6 dem subjectiven Empfinden genügend erschien, klagte bei 24,15° C. und 56,8 % Feuchtigkeit in Kirchstrasse 28 Parterre (Füllofenheizung) der Lehrer über unangenehme Trockenheit der Luft.

Kohlensäure.

Der Vollständigkeit halber gebe ich auch für die gefundenen Kohlensäuremengen die Durchschnitts-, Maximal- und Minimalzahlen; ich muss aber bei der Bedeutung der Kohlensäurebestim-

1) Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxydes in sehr kleinen Mengen. Leipzig 1877.

mungen hervorheben, dass die Zahlen, die unter den verschiedensten Verhältnissen der Ventilation ermittelt wurden, dem entsprechend eine besondere Erläuterung verlangen.

I. Centralluftheizung.

Kirchstrasse 1/3 I. St. Z. 3:	D. 2,691	Max. 4,43	Min. 1,67
„ „ I. St. Z. 6:	„ 3,14	„ 3,89	„ 2,71
„ „ Part. Z. 4:	„ 2,98		
„ „ II. St. Z. 4:	„ 2,75	„ 3,40	„ 2,04[1])
„ „ II. St. Z. 6:	„ 2,897	„ 5,08	„ 1,99

II. Regulirfüllofenheizung.

Kirchstrasse 28 Hinterh. II. St.:	D. 2,516	Max. 3,31	Min. 1,53
„ „ „ Part.:	„ 4,21	„ 5,15	„ 3,50

III. Kachelofenheizung.

Kirchstrasse 28 Vorderh. Part.:	D. 3,22	Max. 4,64	Min. 1,79

IV. Warmwasserheizung.

Magdalenaeum II. St. V²:	D. 3,04	Max. 3,94	Min. 2,28
„ II. St. IV²:	„ 4,11	„ 5,25	„ 2,78

Wenn man an die Einrichtung von Schulzimmern die gerechte Forderung stellt, dass während der Unterrichtsstunden Fenster und Thüren geschlossen sein sollen, und zunächst die vorstehenden Zahlen darauf hin ansieht, so scheiden für den Vergleich die in den Räumen Kirchstrasse 28 Hinterhaus II. Stock und Vorderhaus Parterre aus. In den übrigen Räumen, denen in den Gebäuden Kirchstrasse 1/3, Kirchstrasse 28 Hinterhaus Parterre und im Magdalenaeum, war diese Anforderung erfüllt, und es ist nur noch zu bemerken, dass in ersteren während der längeren Zwischenstunde nur die Thüren nach dem Corridor, in den beiden letzteren ausserdem noch die Fenster geöffnet wurden.

Aus den so zur Vergleichung kommenden Zahlen des Durchschnitts-, Maximal- und Minimalgehaltes an Kohlensäure zeigt sich, dass die Luft in den mit warmer Luft geheizten und mit Ventilationsschloten versehenen Zimmern Kirchstrasse 1/3 ganz bedeutend besser war als in den anderen.

Im Schulzimmer Kirchstrasse 28 Hinterhaus II. Stock, in welchem während des Unterrichtes Thür oder Fenster geöffnet

1) Bestimmung Nr. 70 im Text, vor deren Vornahme 1 Fenster geöffnet war, ist nicht eingerechnet.

waren, ist die Durchschnittszahl etwas, aber nicht bedeutend geringer (2,516 gegen 3,14, grösste Zahl I. St. Z. 6), im Schulzimmer Vorderhaus Parterre derselben Schule trotz der geöffneten Fenster aber nicht unbedeutend höher.

Diese Resultate sprechen also schon zu Gunsten der Warmluftheizung mit Ventilation, und die Resultate werden noch günstiger, wenn die Untersuchungen ausgeschieden werden, welche bei der in der ersten Zeit derselben stattgehabten ungeeigneten Benutzung der Centralheizeinrichtung vorgenommen wurden.

Es liegt nämlich auf der Hand, dass die Warmluftheizung mit Ventilationseinrichtung nur dann als letztere genügend wirken kann, wenn die Zuführung der warmen Luft, die ja nicht bloss heizen, sondern auch reine Luft in die Zimmer bringen soll, continuirlich stattfindet. Die Ventilationsschlote allein sind nicht im Stande, bei geschlossenen Heizklappen, durch den Unterschied der Temperaturen der Zimmer- und der Aussenluft, die natürliche Ventilation durch die Undichtheiten von Fenstern und Thüren und durch das Mauerwerk hindurch so zu erhöhen, dass die erforderliche Lufterneuerung stattfinden könnte. Es muss daher die Ofenanlage für Centralheizungen derart sein, dass die Heizklappen fortwährend geöffnet bleiben, und es muss als fehlerhaft bezeichnet werden, dass die Instruction für die Bedienung des Apparates während des Unterrichtes geschlossene Sommerventilation und offene Winterventilation vorchrieb — beide Abzugsöffnungen münden in denselben Schlot — und das Schliessen der Heizklappen anordnete, wenn die wünschenswerthe Temperatur der Schulzimmer erreicht war. Das ist den Zweck und den Werth der Einrichtung vollständig verkennen, und die Rücksicht auf Ersparniss an Brennmaterial muss wohl bei der Anlage maassgebend, darf dies aber nie bei der Benutzung derselben sein.

Die Vergleichung einiger Zahlen wird ergeben, wie wesentlich das Offenhalten der Heizklappen die bessere Beschaffenheit der Luft bedingt.

Kirchstrasse 1/3 I. St. Z. 3.

Am 6. März enthielt um 7.30 (also vor Beginn des Unterrichtes; auch war noch kein Kind im Zimmer) die Luft	0,363 vol.‰ Kohlens.
um 8.45 wurden gefunden	2,62 „
„ 10.45 } (um 8.30 war die Heizklappe ganz geschlossen	3,87 „
„ 11 30 } worden, beide Ventilationsklappen blieben offen)	3,66 „

	Zeit			
Dagegen am 27. März	8.45	(alle Klappen offen; Ventilationsschlot in den Schornstein geführt)	1,86	vol. $^0/_{00}$ Kohlens.
	9.45		2,61	„
	11.15		2,54	„
und am 2. April	8.30		1,67	„
	9.30		2,92	„
	10.45		2,13	„

Zu diesem Vergleich kann man noch die für dies Zimmer am 6. und 11. Februar bei geschlossenen Heizklappen, geschlossener Sommer- und offener Winterventilation gefundenen Zahlen 4,43 und 3,14 ziehen. Dieselbe Folgerung ergiebt sich aus den Vergleichen der Versuche im II. Stock Zimmer 4 vom 22. Februar und 27. März mit denen vom 2. April, der Versuche im II. Stock Zimmer 6 vom 25. Februar mit denen vom 27. März und 2. April, also in sämmtlichen Fällen, in denen derartige vergleichende Untersuchungen angestellt wurden. Diese Zahlen erfahren eine stärkere Hervorhebung durch die später folgende Aufstellung der berechneten Ventilationsgrössen.

Es ist, ehe ich mich der Besprechung der letzteren zuwende, noch ein Umstand zu erwähnen, und dies ist die Ventilation der Räume nach Beendigung, resp. vor Beginn des Unterrichtes durch Oeffnen von Thüren und Fenstern. In den meisten Fällen zeigte sie sich als genügend, die Zimmerluft enthielt nur wenig mehr Kohlensäure als die Aussenluft; in einigen Fällen war sie aber entschieden mangelhaft; so müssen die Differenzen

am 22. Februar für Luft in Kirchstr. 28 Hinterh. II. St. (0,44) gegen Aussenluft (0,24) . . . . 0,20 vol. $^0/_{00}$
am 6. März für Luft in Kirchstr. 28 Vorderh. Part. (0,42) gegen Aussenluft (0,30) . . . . 0,12 „

als zu gross angesehen werden.

Ganz ungenügend und mangelhaft aber war die Ventilation vom 14. zum 15. Februar Kirchstrasse 1/3 I. Stock Zimmer 3, da dort die Luft bei Abwesenheit aller Kinder um 7.30, $^1/_2$ Stunde vor Beginn des Unterrichtes, die enorme Menge von 1,90 vol. $^0/_{00}$ Kohlensäure hatte, während in der Aussenluft nur 0,396 gefunden wurde. Es waren da zweifellos zwischen Schluss des Unterrichtes am vorhergehenden Tage und dem Beginn am Versuchstage nicht nur Thür und Fenster gar nicht geöffnet worden, sondern auch die Heiz- und Ventilationsklappen müssen geschlossen gewesen sein,

trotzdem gerade bei einer solchen Heizanlage das Offenlassen aller Klappen wünschenswerth und auch thunlich erscheint.

Den hier schon nahe liegenden Versuch der Aufstellung eines Maximalgrenzwerthes des Gehaltes der Schulzimmerluft an Kohlensäure als Maass der zulässigen Verunreinigung durch Perspirations- und Respirationsproducte will ich bis nach Betrachtung der Ventilationsgrössen und des Ventilationsbedarfes verschieben.

Anfangs in Aussicht genommene Bestimmungen eventuellen Gehaltes an Kohlenoxyd in der Centralheizungsluft habe ich auszuführen nicht für nöthig gehalten, weil der geringe Unterschied im Gehalte an Kohlensäure in der Aussenluft und in der Zimmerluft vor Beginn des Unterrichtes die Möglichkeit einer Vermischung der Verbrennungsgase mit der Heizluft ausschloss.

Ventilationsgrössen.

Die Ventilationsgrösse ist diejenige Quantität Luft, in Kubikmetern ausgedrückt, welche in der Zeiteinheit, der Stunde, von aussen in den geschlossenen Raum dringt. Diese Quantität hängt ab von der natürlichen Ventilation, durch die Undichtheiten an Fenstern und Thüren und in Folge der Permeabilität des Baumaterials von der zufälligen oder willkürlichen Ventilation, als welche ich, mit allerdings nicht ganz zutreffendem Ausdrucke, das gelegentliche Oeffnen der Thür, sowie das Oeffnen der Fenster, das häufig genug bei der Ueberfüllung der Schulzimmer und bei den mangelhaften Ventilationsvorrichtungen nothwendig sein mag, das aber nach meiner Ansicht während des Unterrichtes unterbleiben müsste, bezeichne, und von der künstlichen Ventilation durch besondere Einrichtungen.

Bestimmungen der natürlichen Ventilationsgrössen vorzunehmen gestattete mir meine sonst vielfach in Anspruch genommene Zeit nicht; es genüge hier zu bemerken, dass voraussichtlich dieselbe in dem zuletzt erbauten, erst kürzlich bezogenen Gebäude Kirchstrasse 1/3 wegen der noch nicht vollständigen Austrocknung der Mauern am niedrigsten gewesen sein dürfte.

Zur Berechnung der Ventilationsgrössen sind folgende Factoren nöthig, für die ich die von Lang[1]) gewählten Bezeichnungen aufnehme:

1) Ueber natürl. Ventilation.

C Ventilationsgrösse, das Volum frischer Luft in Kubikmetern, das in der Stunde von aussen eingeführt wird.

m der Kubikinhalt des zu ventilirenden Raumes.

T Dauer des Versuches in Stunden.

t_1 Zeit des Anfangs.

t_2 Zeit der Beendigung des Versuches.

p_1 Kohlensäuregehalt der Luft im Raume zu Anfang.

p_2 Kohlensäuregehalt der Luft im Raume bei Beendigung des Versuches.

a Kohlensäuregehalt der Ventilations- (Aussen-) Luft.

n Zahl der Kohlensäurequellen (Besetzung des Raumes mit Schülern).

k Kohlensäuremenge in Kubikmetern, in der Stunde von je einer Kohlensäurequelle ausgeathmet.

Für a habe ich vorgezogen, nicht eine Durchschnittszahl anzunehmen, sondern den an jedem Versuchstage direct durch den Versuch ermittelten Gehalt der Luft an Kohlensäure; nur für die Versuche am 20. Februar, an welchem Tage die Bestimmung verunglückte, habe ich annähernd das Mittel 0,300 vol. ‰ (richtiges Mittel aus 10 Versuchen 0,2834) in Rechnung gesetzt.

Für k habe ich die von Breiting[1]) ermittelten Werthe angenommen, also eine stündliche Production für

Schüler v. 7—8 Jahren von 10,5 Liter
" v. 9—10 " " 12,0 "
" v. 10—11 " " 12,5 " während d. Gesangstunde (Vers. 65) 16,7 Lit.
" v. 12—13 " " 13,0 "

Ich muss ferner bemerken, dass ich die Kohlensäureproduction des Lehrers, sowie die meinige während der Versuchsdauer, ca. ¼ Stunde, nicht in Rechnung gebracht habe.

Da die Kohlensäureproduction ununterbrochen stattfand und die Zeitdauer zwischen 2 Versuchen für eine Berechnung gross ist, bis 4 Stunden, so musste zur Ventilationsgrössenbestimmung die „Seidel'sche Formel 2"[2]) angewendet werden:

1) Unters. betr. den Kohlensäuregehalt der Luft in Schulzimmern (Basel 1871) S. 57 ff.

2) Lang, Ueber natürl. Ventilation.

$$\log \frac{p_1 (C + nk) - (Ca + nk}{p_2 (C + nk) - (Ca + nk} = 0{,}43429 \ldots \frac{C + nk}{m} T$$

unter Benutzung der Seidel'schen Hilfsformeln und Einführung der Hilfsvariablen z:

$$\text{I.} \quad z = \frac{a c + nk}{C + nk} = a + \frac{(1 - a)\, nk}{C + nk}$$

$$\text{II.} \quad \log \frac{p_1 - z}{p_2 - z} = \frac{0{,}43429 \ldots}{m} T \frac{nk (1 - a)}{z - a} =$$

$$= \frac{0{,}43429 \ldots T \cdot nk (1 - a)}{m} \cdot \frac{1}{z - a}$$

$$\text{III.} \quad \log \frac{p_1 - z}{p_2 - z} = \frac{\varrho}{z - a} \left(\varrho = \frac{0{,}43429 \ldots T \cdot nk (1 - a)}{m} \right)$$

$$\text{IV.} \quad C = nk \frac{1 - z}{z - a}.$$

Für z wurden Werthe gewählt grösser als a, so dass p_2 zwischen p_1 und z liegt, die Werthe für z in der Formel III eingetragen und so oft geändert, bis eine Uebereinstimmung der beiden Seiten der Gleichung (III) auf die 3. Decimale mindestens erreicht war (dafür war die Annahme bis zu 12 verschiedenen Werthen für z nöthig). Die Ventilationsgrössen aus Formel IV wurden bis auf die 2. Decimale berechnet, da die Genauigkeit der Werthe von z dies zuliess; in der Tabelle B sind aber nur die 1. Decimalen, wie üblich nach den zweiten ergänzt, aufgeführt.

Versuchsweise, als Hilfsmittel für das schnellere Auffinden des Werthes z, wurde auch die Formel von Kohlrausch

$$C = \frac{nk + (p_1 - p_2) \frac{m}{T}}{\frac{p_1 + p_2}{z} - a}$$

angewendet; für diesen Zweck erwies sie sich ohne Werth, was Zeit- und Arbeitsersparniss anlangt. Ich füge hinzu, dass bei Berechnung von 18 Ventilationsgrössen nach dieser Formel grösste Differenzen gegen die durch die Seidel'schen Formeln ermittelten von 33 und 36 cbm zu wenig bis 116, ja 158 cbm zu viel sich ergaben; die kleinste Differenz betrug bei kurzer Versuchsdauer 1,5 cbm. Für die langen in Rechnung zu setzenden Versuchszeiten war allerdings

die Kohlrausch'sche Formel von vorn herein ausgeschlossen und Abweichungen von den richtigen Zahlen vorauszusehen; doch war ich nicht wenig überrascht, dass diese so bedeutend waren und im äussersten Falle um mehr als die Hälfte die wirkliche Ventilationsgrösse übertrafen.

Ich erfülle hier die sehr angenehme Pflicht, Herrn Stud. math. Reim meinen grossen Dank auszusprechen für die Bereitwilligkeit und den Eifer, mit welchen er die sehr zeitraubende und recht langweilige Berechnung der Ventilationsgrössen übernommen hat.

Diese Zahlen sind nun nicht bloss ermittelt worden für die Zeit vom ersten Versuche eines Tages bis zum 2., 3. und 4., sondern ich habe vorgezogen, sie ebenso zu bestimmen vom 2. zum 3. resp. 4. und vom 3. zum 4., weil die Ventilationsbedingungen im Laufe eines Vormittages manchmal wechselten, und weil in einzelnen Fällen die für einen bestimmten Tag von Stunde zu Stunde ermittelten Zahlen gerade illustriren, in welcher Weise die falsche Bedienung der Centralluftheizung den einen wesentlichen Zweck, die Ventilation, vereitelt. Es lag mir ferner daran zu erfahren, in welcher Stärke das Oeffnen der Thüren und Fenster während der Zwischenviertelstunde eine Lufterneuerung hervorbringt, und endlich wäre es für mich von Interesse gewesen, aus den Kohlensäuremengen und Ventilationsgrössen zu ersehen, ob die Kohlensäureausscheidung in den späteren Unterrichtsstunden abnimmt; in letzteren Beziehungen will ich hier anführen, dass die Zahl der Versuche zu gering ist, als dass ich aus den erhaltenen Zahlen ein Urtheil zu begründen vermöchte.

Da die durch Rechnung gefundenen Ventilationsgrössen vorzugsweise von den Werthen p_1 und p_2 abhängen, von den in der Zimmerluft enthaltenen Kohlensäuremengen, so müssen die für sie ermittelten Zahlen dasselbe allgemeine Resultat ergeben, welches ich bei der Zusammenstellung der Kohlensäuremengen in den einzelnen Schullocalitäten angedeutet habe; nur sind die Zahlen der Tabelle B viel grössere, eignen sich also zur Vergleichung viel besser. In den folgenden Angaben sind diejenigen Ventilationsgrössen der Tabelle B nicht berücksichtigt, bei deren Berechnung die Zeit vor Anfang des Unterrichtes zu Grunde gelegt wurde,

weil die ersten Kohlensäurebestimmungen einer Reihe zumeist vor Anwesenheit der Schüler vorgenommen wurden, die Vorbedingung der bestimmten Anzahl constanter Kohlensäurequellen daher nicht erfüllt war.

Es ergaben sich die Ventilationsgrössen:

I. Centralluftheizung. (Kirchstrasse 1/3.)

I. St. Z. 3: D. 338 cbm,	pro Kopf 5,2 cbm,	Lufterneuerung	1,92 fach
Max. 481	„ „ 7,4	„	2,74 „
Min. 217	„ „ 3,34	„	1,24 „

Berücksichtigt man aber, wie nach einer früheren Erörterung wohl in Ordnung, die unter ganz unzulässigen Bedingungen der geschlossenen Heizklappen am 6. März ermittelten Zahlen nicht, so erhält man:

D. 374,6 cbm,	pro Kopf 5,76 cbm,	Lufterneuerung	2,13 fach
Min. 318	„ „ 4,90	„	1,81 „

Ich mache hier nochmals auf den Unterschied der Ventilationsstärke bei offenen und bei geschlossenen Heizklappen aufmerksam; die Vergleichung der Zahlen für die Minima 318 resp. 217 cbm pro Stunde und der Maxima 481 und 255,2 cbm erübrigen eine weitere Auseinandersetzung.

I. St. Z. 6, Heizklappen beinahe geschlossen:

D. 200,3 cbm,	pro Kopf 2,9 cbm,	Lufterneuerung	1,29 fach
Max. 220	„ „ 3,2	„	1,41 „
Min. 168,6	„ „ 2,73	„	1,08 „

Part. Z. 4, Heizklappen offen:

D. 354 cbm,	pro Kopf 5,45 cbm,	Lufterneuerung	2,12 fach
Max. 411,6	„ „ 6,33	„	2,47 „
Min. 316,2	„ „ 4,86	„	1,90 „

II. St. Z. 4,	Heizkl. geschl.:	D. 220 cbm,	p. Kopf 3,23 cbm,	Lufterneuerung	1,32 fach
		Max. 263	„ „ 3,87	„	1,58 „
		Min. 185,3	„ „ 2,72	„	1,11 „
„ „	„ offen:	D. 287,8	„ „ 4,23	„	1,73 „
II. St. Z. 6	„ geschl.:	Min. 115,6	„ „ 2,31	„	0,74 „
„ „	„ offen:	D. 249,6	„ „ 4,99	„	1,61 „
		Max. 284,2	„ „ 5,68	„	1,83 „
		Min. 220,5	„ „ 4,41	„	1,42 „

II. Regulirfüllofenheizung. (Kirchstrasse 28 Hinterhaus.)

II. St., Fenster offen:	D. 256,9 cbm,	p. Kopf 3,95 cbm,	Lufterneuerung	1,31 fach
	Max. 259,1	„ „ 3,98	„	1,32 „
	Min. 252,8	„ „ 3,88	„	1,29 „

Parterre, Fenster geschl.:	D. 190,8 cbm,	p. Kopf 3,29 cbm,	Lufterneuerung	0,97 fach
	Max. 268,2	„ „ 4,62	„	1,37 „
	Min. 97,7	„ „ 1,68	„	0,50 „

III. Kachelofenheizung. (Kirchstrasse 28 Vorderhaus.)

Part., 1 resp. 2 Fenster offen:	D. 336,7 cbm,	p. Kopf 4,68 cbm,	Lufterneuerung	1,41 fach
	Max. 541,4	„ „ 7,52	„	2,27 „
	Min. 177,3	„ „ 2,46	„	0,74 „

Wie würde die Luft beschaffen gewesen sein und welche Ventilationsgrössen würden sich ergeben haben, wenn die Fenster nicht geöffnet gewesen wären! Die Kohlensäurebestimmung, die der Berechnung des angeführten Minimum zu Grunde gelegt wurde, hatte 3,39 vol. ‰ ergeben; hier ist auf die erste in den Text eingefügte Tabelle zu verweisen, nach welcher ich bei den Vorversuchen am 6. und 11. Februar, die zur Ventilationsgrössenberechnung nicht herangezogen werden konnten, 4,64 resp. 4,27 vol. ‰ fand. Für die Beurtheilung der Heizvorrichtung und Ventilationseffecte ist es zu bedauern, dass die Fenster offen gestanden; den Kindern aber Glück zu wünschen, dass die Lehrerin sich und ihnen lieber die Unzuträglichkeiten des Zuges zumuthete.

IV. Warmwasserheizung. (Magdalenaeum.)

II. St. V²:	D. 220,4 cbm,	pro Kopf 4,92 cbm,	Lufterneuerung	1,3 fach
	Max. 291,4	„ „ 6,48	„	1,71 „
	Min. 109,8	„ „ 2,44	„	0,61 „
II. St. IV²:	D. 155,1	„ „ 2,63	„	0,71 „
	Max. 169,6	„ „ 2,87	„	0,78 „
	Min. 135,4	„ „ 2,30	„	0,62 „

Die Vergleichung der Ventilationsgrössen, Durchschnitt, Maximum und Minimum, ist schon lehrreich; vorzugsweise interessiren aber die Zahlen der Lufterneuerung, also das Verhältniss der Kubikräume der Schulzimmer zu der durch die Ventilation eingedrungenen Menge guter Aussenluft, weswegen ich die betreffenden Zahlen hier unter einander stelle:

	D.		Max.		Min.	
	grösste Zahl	kleinste Zahl	grösste Zahl	kleinste Zahl	grösste Zahl	kleinste Zahl
Centralluftheizung, offene Heizkl.	2,13	1,61	2,74	1,83	1,90	1,42
Regulirfüllofenh., offene Fenster	1,31		1,32		1,29	
„ geschl. „	0,97		1,37		0,50	
Kachelofenheizung, offene „	1,41		2,27		0,74	
Warmwasserheizung	1,30	0,71	1,71	0,78	0,62	0,61

Die Unterschiede in den Zahlen sind so gross, dass nach den Bemerkungen, die ich bei den Kohlensäurebestimmungen machte, eine eingehende Erörterung sich erübrigt; es sei nur nochmals hier hervorgehoben, dass die Durchschnitts- und Maximalzahlen für Lufterneuerung bei der Einrichtung der Centralluftheizung auch in ihren kleinsten Werthen bedeutend grösser sind als die entsprechenden bei den 3 anderen Heizanlagen.

Man prüft aber eine Einrichtung, zumal eine von so bedeutender Wichtigkeit in hygienischer Beziehung, nicht sowohl auf ihre Maximalleistungen, auch nicht auf die durchschnittlichen, sondern man ist wohl verpflichtet, ganz besondere Aufmerksamkeit den niedrigsten Werthen zu widmen, und da ist der Abstand des Centralluftheizungssystems von den anderen hier in Betracht zu ziehenden ein ganz bedeutender. Eine Erneuerung des Kubikinhaltes eines Schulzimmers in der Stunde von 0,50 bei Regulirfüllöfen, 0,61 und 0,62 bei Warmwasserheizung, und 0,74 bei Kachelofenheizung ist so ausserordentlich gering, dass man von Bangen erfasst wird um das Wohl von Schülern und Lehrern. — Es ist bei diesen Zahlen und beim Vergleich mit den günstigeren, welche die Centralluftheizung aufweist, allerdings nicht ausser Acht zu lassen, dass ein kleineres Zimmer sich leichter ventilirt als ein grosses, und dass die mit Luftheizung versehenen Räume zum Theil kleiner waren als die in anderer Weise beheizten; doch ist dieser Unterschied, wo er vorhanden ist, bei weitem nicht bedeutend genug, um die Beurtheilung des Werthes der verschiedenen Heizvorrichtungen für die Ventilation nach den angegebenen Zahlen nennenswerth zu beinflussen.

Unter Berücksichtigung der Resultate der anderen Bestimmungen, der Temperaturen und des Gehaltes an relativer Feuchtigkeit, hat sich aus meinen Untersuchungen ergeben:

1. dass die Temperaturen während des Unterrichtes bei Kachelofen-, Warmwasser- und Centralluftheizung normal zu nennen sind, auch die Maxima als solche nicht unzuträglich erscheinen, dass dagegen bei der Heizung mit Regulirfüllöfen, sogar bei offenem Fenster, die Durchschnitts- und Maximalzahlen ausserordentlich hoch sind, und dass sie Temperaturen bezeichnen, die der Gesundheit nicht zuträglich sein können;

2. dass der Gehalt an relativer Feuchtigkeit bei sämmtlichen 4 Heizsystemen innerhalb der Grenzen liegt, die die Hygiene für zulässig und für wünschenswerth jetzt annimmt;
3. dass unter den gleichen Bedingungen der während des Unterrichtes geschlossenen Fenster und Thüren Kachelofenheizung, Warmwasserheizung und Regulirfüllofenheizung für Schulzimmer entschieden ungeeignet erscheinen, da die Verunreinigung der Luft, gemessen durch die Menge der Kohlensäure, eine sehr grosse, die Lufterneuerung eine ganz ausserordentlich geringe ist; dass die Centralluftheizung im Schulgebäude Kirchstrasse 1/3 die bei weitem günstigsten Resultate aufweist;
4. dass die Heizung mit Regulirfüllöfen, Kirchstrasse 28 Hinterhaus, nach Temperatur und Ventilationseffect die schlechteste, einfach schlecht ist.

Die Centralluftheizung hat unter den 4 Heizsystemen die besten Resultate ergeben; wenn ich im Laufe der vorhergehenden Auseinandersetzungen dies wiederholt hervorheben musste, so will ich mich doch dagegen verwahren, dass ich sie für das Vollkommenste in Bezug auf Ventilation halte. Ich würde dem System der Einpressung guter reiner Luft durch maschinelle Vorrichtungen, wie es im Reichstagsgebäude z. B. in Anwendung ist, entschieden den Vorzug geben; es ist hier aber nicht der Ort, derartige Anlagen zu erörtern. Wohl aber halte ich mich für berechtigt, auf einige Mängel der Luftheizung hinzuweisen, welche mir in dem Gebäude Kirchstrasse 1/3 in der Anlage aufgefallen sind.

Was die Benutzung anlangt, so habe ich auf die Fehler der falschen Heiz- und Ventilationsklappenbedienung bereits aufmerksam gemacht und sie wiederholt durch die gefundenen Ventilationsgrössen illustrirt; sie finden überdies in jeder einzelnen Tabelle ihren Ausdruck.

Einmal halte ich die Heizanlage, die aus 3 grossen Oefen besteht, für zu gross. Ich kann den directen Beweis nach den Zahlen, die ich gefunden, allerdings nicht erbringen; denn wenn für meine Ansicht auch die zu rasche und zu starke Erwärmung der Schulzimmer spricht, so kann ich doch nicht ausser Acht lassen,

dass der Winter und besonders die Zeit, während welcher ich die Untersuchungen anstellte, sehr milde war, und dass bei grösserer Kälte auch die Heizung mehr in Anspruch genommen werden wird; auch muss die Heizanlage den äussersten Anforderungen entsprechen, die möglicherweise unter den gegebenen Verhältnissen an sie gestellt werden können, und sie wird immerhin grösser zu wählen sein, als dem Durchschnittsbedürfniss der vorhandenen beheizten Schulzimmer entspricht. Es wird sich daher die Anlage von Heizkanälen empfehlen, welche in Räume führen, deren Beheizung nicht gerade nothwendig, doch wünschenswerth ist, und für solche Zwecke würde meiner Ansicht nach die vorhandene Heizanlage genügen und das Gebäude den Raum bieten. Wenn die Abtritte, die jetzt durch ihre specifische Atmosphäre oder durch die nicht angenehmere der Desinfectionsmittel sich recht bemerklich machen, aus dem Hause in den grossen Hof verlegt würden, so würde dies ohne Zweifel gesünder sein, und es würde für den Corridor ein Raum gewonnen, der gross genug wäre, bei ungünstigem Wetter die grosse Mehrzahl der Kinder in den Zwischenstunden aufzunehmen, so dass durch Oeffnen der Fenster in den Schulzimmern die Luft in der intensivsten Weise erneuert werden könnte. Ueberdies erhielte der Corridor dann auch das ihm jetzt fehlende Licht. Das Anbringen von Thüren und Verschlägen an den Treppen würde die Corridore zu geschlossenen Räumen machen, und diese könnten mit der vorhandenen Heizanlage noch erwärmt werden.

Ich erinnere hier daran, dass für die württembergischen Schulen, deren Einrichtungen für mustergiltig gehalten werden, bereits die Verfügung des kgl. Ministeriums vom 28. December 1870 „betreffend die Einrichtung der Schulhäuser und die Gesundheitspflege in den Schulen“ die Einrichtung b e d e c k t e r Räume neben offenen zur Ermöglichung einer angemessenen körperlichen Erholung der Schüler während der Interstitien als wünschenswerth empfahl.

Ein grosser Fehler in der Anlage liegt in den nach den Zimmern 6 führenden Kanälen; diese sind über die Breite des Corridors 5^{m} gezogen; die Steigung dieses Theils der Kanäle kann nur höchst unbedeutend sein, und dabei haben sie keinen grösseren Querschnitt als die nach den Zimmern 5 senkrecht aufsteigenden.

Die erwärmte Luft wird sich daher mit grösserer Schnelligkeit in den letzteren bewegen, und es wird der Fall leicht eintreten, dass die Zimmer 5 zu stark geheizt sind, während es in den Zimmern 6 noch unbehaglich kalt ist. — Was von der Beheizung gesagt ist gilt in ganz gleicher Weise von der Ventilation, und damit hängen die verhältnissmässig ungünstigsten Resultate, die in den Zimmern 6 des ersten und zweiten Stockwerkes erhalten wurden, zusammen.

Ein anderer Fehler ist, dass in den Zimmern 3, 5 und 6 die Ausströmungsöffnungen für die warme Luft und die Abzugsöffnungen nach den Ventilationsschloten an derselben Wand liegen; bei den Zimmern 1 und 2 liegen sie an benachbarten, nur bei 4 an entgegengesetzten.

Endlich ist es als fehlerhaft zu bezeichnen, dass in den Zimmern 1, 2, 3 und 6 die unteren, Winter-Ventilationsöffnungen durch Schulbänke verdeckt sind; letztere müssen mit ihren Schloten in einer freien Wand angebracht werden, da sonst ihr Nutzen nur sehr gering sein kann und die dicht davor sitzenden Schüler Zug empfinden werden. Derartige Mängel in der Anlage werden sich nur vermeiden lassen, wenn die Anforderungen der Einrichtung einer Heizanlage nicht bloss accessorisch betrachtet werden, sondern beim Entwurf des Bauplanes schon die ihnen zukommende Berücksichtigung finden.

Da die Ventilationseffecte im gefundenen Maximum noch nicht das zulässige der 3fachen Lufterneuerung der Räume erreichen, wird es sich empfehlen, den Luftzug in den Ventilationsschloten durch weitere Mittel zu unterstützen; eins, das Führen der Schlote in die Heizschornsteine und in einem anderen Falle über das Dach hinaus, hat Erfolg gezeigt, wenn auch nicht den vollen anzustrebenden; ein anderes wäre das Brennen kleiner Gasflammen in den oberen, Sommerventilationsöffnungen; vorzuziehen wäre das Beheizen sämmtlicher Ventilationsschlote durch eine gemeinschaftliche Feuerung im Souterrain, die in dem betreffenden Gebäude jetzt nachträglich anzubringen wohl kaum noch möglich sein wird, auf die ich aber doch hinweisen möchte im Interesse von Neubauten, die mit Centralluftheizung und Ventilationsschloten ausgestattet werden sollen.

Versuch
der Aufstellung einer Maximalzahl für den Kohlensäuregehalt der Luft in Schulzimmern.

Der Gehalt an Kohlensäure gilt uns als das Maass der Luftverunreinigung in bewohnten Räumen. Mit der Aufstellung dieses Grundsatzes gleichzeitig wurden Versuche gemacht, den zulässigen Maximalgehalt der Zimmerluft an Kohlensäure zu ermitteln. Pettenkofer, dem wir die ersten Arbeiten hierüber verdanken, sagt[1]):

„Zur Grundlage habe ich den Kohlensäuregehalt in Wohnzimmern genommen, die von Personen benutzt werden, welche nach ihrer eigenen Wahl leben, welche sich erfahrungsmässig in denselben behaglich befinden, wenn sie auch den grösseren Theil des Tages in denselben verbringen. Diese empirische Grundlage scheint mir viel mehr Berechtigung zu haben, als jede willkürliche Annahme oder jedes theoretische Raisonnement, aus dem man eine Grösse ableiten wollte."

Ferner:

„In allen diesen Fällen befanden sich die Personen in den betreffenden Localitäten ganz behaglich, ohne jede Belästigung, ohne Bedürfniss, ein Fenster zu öffnen oder den Raum zu verlassen. Das Mittel aus diesen sieben Beobachtungen beträgt 0,67 pro mille Kohlensäure."

Ferner, nach Aufführung von 6 Untersuchungen von solcher Zimmerluft, „unter deren Einfluss eine fühlbare Belästigung" empfunden wurde:

„Aus diesen Versuchen geht zur Evidenz hervor, dass uns keine Luft behaglich ist, welche in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält. Wir haben somit ein Recht, jede Luft als schlecht und für einen beständigen Aufenthalt als untauglich zu erklären, welche in Folge der Respiration und Perspiration der Menschen mehr als 1 pro mille Kohlensäure enthält."

---

1) Abhandlung der naturwissensch.-technischen Commission bei der k. b. Akad. d. Wiss. in München Bd. 2 S. 75, 76, 78.

Ferner:

„Wenn wir mithin als Grenze zwischen guter und schlechter Luft 1 pro mille Kohlensäure festhalten, so drängt sich uns die Befürchtung auf, dass wir in den Wohnungen, namentlich in den stark bevölkerten, sehr häufig schlechte Luft antreffen werden, und dass wir der künstlichen Ventilation eine kaum zu realisirende Ausdehnung zu geben hätten. Ich halte diese Befürchtungen in jeder Beziehung für sehr begründet....

„Es ist vielleicht zulässig, die ganze Aufgabe in 2 Theile zu theilen: 1. in die Ventilation jener Räume, welche nur kurze Zeit (2—3 Stunden des Tages) zum Aufenthalt bestimmt sind, und 2. in die Ventilation solcher Räume, welche längere Zeit zum Aufenthalte zu dienen haben.

„In die erste Abtheilung fallen Kirchen, Schulhäuser.... Wir können annehmen, dass das Einathmen einer schlechten Luft auf kurze Zeit unserem Organismus nicht in dem Grade schädlich sein wird, als wenn es längere Zeit hindurch geschieht.

„Ich wage z. B. keine Angabe darüber, wie viel pro mille Kohlensäure wir in unseren Schulzimmern gestatten sollen, ob das 2, 3, 4 oder 5fache von sonstiger guter Zimmerluft[1]).“ ...

Lang[2]) nimmt für grössere Wohnzimmer die Pettenkofer-schen Zahlen von 0,7 pro mille Kohlensäure als Maass für gute Zimmerluft, von 1,0 pro mille als äusserste Grenze an; für kleinere Wohnräume hält er „1,5 pro mille als sanitär noch zulässig“.

In seinen Berechnungen des Ventilationsbedarfs rechnet er auch für Schulzimmer mit den Zahlen 1,0 und 0,7 pro mille.

Breiting[3]), der im Jahre 1869 eine sehr grosse Anzahl von Untersuchungen der Luft in den Schulen Basels anstellte, setzt auch, nach Pettenkofer, die Grenze zwischen guter und schlechter Luft auf 1,0 pro mille, erwähnt aber, dass seiner Ansicht nach diese Zahl eher etwas zu niedrig ist, und er dafür hält, dass der Kohlensäuregehalt, auch ohne Nachtheil für die Gesundheit, in den Schulzimmern bis 1,5, ja selbst bis 2 pro mille ansteigen dürfte.

1) a. a. O. S. 104, 105.
2) Ueber natürl. Ventilation. 1877.
3) Unters. betr. den Kohlensäuregehalt der Luft in Schulzimmern.

Das Kriterium, auf welches gestützt Pettenkofer für Wohnzimmer den Grenzwerth von 1 pro mille Kohlensäure gefunden hat, ist also ein subjectives, das des Behagens; es giebt, nach unseren analytischen Methoden, denen sich die Bestimmung der durch Respiration und Perspiration in die Luft gelangten organischen Substanzen noch entzieht, ein anderes nicht. „Die Kohlensäure macht aber nicht allein die Verderbniss der Luft aus; man muss wohl bedenken, dass mit der Kohlensäure zugleich die organischen Stoffe der Luft aus Respiration und Perspiration zunehmen, und dass von diesen bereits sehr geringe, kaum nachweisbare Mengen hinreichend sind, eine Luft bis zu einem Grade zu verderben, dass sie auf gesunde Sinne ekelerregend wirkt[1]."

Die schädlichen Verunreinigungen der Luft bestehen daher ohne Zweifel in den organischen Substanzen, die durch die Thätigkeit der Lungen und der Haut ausgeschieden werden, und, wie ich überzeugt bin, nicht sowohl in ihnen selbst als in ihren Zersetzungsproducten. Es ist eine alte Erfahrung, dass man sich in einem Zimmer recht behaglich fühlen kann, in welchem die Luft als gut bezeichnet werden muss, und dass man nach dem Verlassen dieses Zimmers und beim Wiedereintreten in dasselbe, trotzdem es inzwischen leer gewesen ist, das unangenehme Empfinden einer verunreinigten Atmosphäre hat, während doch mittlerweile die natürliche Ventilation gewirkt und die Luft verbessert hat; es ist ferner wohl Thatsache, dass das subjective Unbehagen nicht in gleichem Grade gefühlt wird, wie die Menge der durch den menschlichen Organismus ausgeschiedenen Kohlensäure wächst. Ich habe Wohnzimmer betreten, deren Kohlensäuregehalt wenig über, selbst unter 1,0 pro mille betrug, und mich beklommen gefühlt, und andererseits Schulzimmer mit über 2,5 pro mille Kohlensäure und das Gefühl noch guter Luft gehabt. Im ersteren Falle waren die Fenster längere Zeit nicht geöffnet worden, die Luft mit den ausgeathmeten organischen Substanzen hatte stagnirt; im letzteren kam ich gegen Schluss der ersten und zweiten Unterrichtsstunde in ein Zimmer, das durch Centralluftheizung erwärmt und mit Ventilationsvorrichtung versehen war, in welchem also fortdauernd ein verhältnissmässig starker Luftwechsel statt hatte.

1) Pettenkofer a. a. O.

Es werden also nach den oben angeführten Worten Pettenkofer's andere Grenzwerthe des Kohlensäuregehaltes für Wohnzimmer und für solche Räume anzunehmen sein, welche nur kurze Zeit des Tages zum Aufenthalt für Menschen bestimmt sind.

Darauf hin und nach den von mir gefundenen Zahlen und den folgenden Rechnungen mache ich einen Versuch, eine Maximalgrenze für den Kohlensäuregehalt der Luft in Schulzimmern aufzustellen.

Ich habe 2 verschiedene Reihen von Rechnungen ausgeführt, deren Resultate in den beiden folgenden Tabellen angegeben sind: einmal den Ventilationsbedarf für die einzelnen Schulzimmer nach der wirklich vorhandenen Zahl der Schüler und ihrer Kohlensäureproduction bei verschiedenen Grenzwerthen der Kohlensäuremengen, $p = 1{,}0$, 1,5 und 2,0 pro mille; in dieser Tabelle habe ich schliesslich zum Vergleich die Durchschnittszahlen der gefundenen Ventilationsgrössen wiederholt. Die zweite Tabelle giebt die Berechnung der Schülerzahl von bestimmtem Alter, also bei gegebener Kohlensäureproduction, für die gegebene Localität; für 2 Ventilationsgrössen, von denen eine das 3fache des Kubikinhaltes des Schulzimmers ist, d. i. die äusserste zulässige Lufterneuerung, die andere die gefundene durchschnittliche ist; für 3 verschiedene Werthe von p: 1,0, 1,5 und 2,0 pro mille; mit der letzten Columne der thatsächlichen Schülerzahl.

Die Formel zur Berechnung des Ventilationsbedarfes ist:

$$C = \frac{nk}{p - a}$$

und daraus für die Schülerzahl:

$$n = \frac{C(p - a)}{k}.$$

a habe ich zu 0,0003 angenommen, sehr annähernd gleich dem Durchschnitt der von mir in der Aussenluft gefundenen Kohlensäuremengen.

Aus der Tabelle für den Ventilationsbedarf ergiebt sich, dass unter allen Umständen die Schulzimmer viel zu stark besetzt sind. General Morin giebt den Ventilationsbedarf bei Schulen für Kinder auf 12—15 cbm pro Kopf und Stunde an[1]). Bei der gegebenen

1) Lang, Ueber natürl. Ventilation S. 30.

Ventilationsbedarf.

Schullocal	n	k	$p = 1^0/_{00}$			$p = 1,5^0/_{00}$			$p = 2,0^0/_{00}$			gefundene Durchschnittszahlen			Bemerkungen
			Cm	mehrfaches von m	p. Kopf cbm	Cm	mehrfaches von m	p. Kopf cbm	Cm	mehrfaches von m	p. Kopf cbm	Cm	mehrfaches von m	p. Kopf cbm	
Kirchstr. 1/3 I. St. Z. 3	65	0,0131	1216,4	6,93	18,7	709,6	4,04	10,9	500,9	2,85	7,7	374,6	2,13	5,76	Heizkl. offen
„ I. St. Z. 3	49	0,0131	917	5,22	18,7	5,35	3,05	10,9	377,6	2,15	7,7	—	—	—	do. Handarb.-Unterr.
„ I. St. Z. 6	69	0,0105	1035	6,66	15,0	603,8	3,88	8,7	426,2	2,74	6,2	200,3	1,29	2,9	Heizkl. geschlossen
„ Part. Z. 4	65	0,012	1143	6,86	17,6	650	3,90	10,0	458,8	2,75	7,06	354	2,12	5,45	„ offen
„ II. St. Z 4	68	0,0105	1020	6,12	15,0	595	3,57	8,7	420	2,52	6,2	287,8	1,73	4,23	„ „
„ II. St. Z. 6	50	0,013	928,6	5,97	18,5	541,7	3,49	10,8	382,4	2,46	7,6	249,6	1,61	4,99	„ „
„ 28 Hinterh. II. St.	65	0,0125	1165	5,92	17,8	677	3,45	10,4	478	2,44	7,3	256,9	1,31	3,95	Fenster offen
„ „ Part.	58	0,013	1077	5,50	18,6	628,3	3,21	10,8	443,5	2,26	7,6	190,8	0,97	3,29	„ geschl.
„ Vorderh. Pt.	72	0,0105	1080	4,54	15,0	630	2,65	8,75	445	1,87	6,2	336,7	1,41	4,68	„ offen
Magdalenaeum II. St. V[a]	45	0,0125	803,6	4,73	17,85	468,7	2,76	10,4	331	1,94	7,5	221,4	1,30	4,92	„ geschl.
„ II. St. IV[a]	59	0,0130	1095,7	5,05	18,6	639,2	2,94	10,8	451,2	2,08	7,6	155,1	0,71	2,63	(„ geschl.)

Berechnung der Schülerzahl.

Schullocal	m	k	durchschnittl. Ventilationsgrösse	$C = 3^m$			c = durchschnittliche Ventilationsgrösse			Schüler		Bemerkungen
				$p = 1{,}0$ ‰	$p = 1{,}5$ ‰	$p = 2{,}0$ ‰	$p = 1{,}0$ ‰	$p = 1{,}5$ ‰	$p = 2{,}0$ ‰	Zahl	Alter	
Kirchstr. 1/3 I. St. Z. 3 . .	175,5	0,0131	374,6	28,1	48,2	68,3	20,0	35,1	48,6	65	13	Heizklappe offen
„ I. St. Z. 6 . .	155,4	0,0105	200,3	31,1	53,2	75,5	13,3	22,9	32,4	69	7—8	„ geschl.
„ Part. Z. 4 . .	166,5	0,012	354	29,1	49.9	70,8	20,6	35,4	50,15	65	9—10	„ offen
„ II. St. Z. 4 . .	166,5	0,0105	287,8	33,3	57,1	80,9	19,2	32,9	46,6	68	7—8	„ „
„ II. St. Z. 4 . .	—	0,0105	220	—	—	—	14,6	25,1	35,6	68	7—8	„ geschl.
„ II. St. Z. 6 . .	155,4	0,013	249,6	25,1	43,0	60,9	13,4	23,0	32,6	50	12—13	„ offen
„ II. St. Z. 6 . .	—	0,013	115,6	—	—	—	6,2	10,6	15,9	50	12—13	„ geschl.
„ 28 Hinterh. III. St.	196	0,0125	256,9	32,9	56,4	79,9	14,4	24,6	34,9	65	10—11	Fenster offen
„ „ Part. .	196	0,0130	190,8	31,6	54,3	76,9	10,3	17,6	24,9	58	12—13	„ geschlossen
„ Vorderh. Part.	238	0,0105	336,7	47,6	81,6	115,6	22,4	38,5	54,5	72	7—8	„ offen
Magdalenaeum II. St. V[2] .	170	0,0125	221,4	28,5	49,0	69,3	12,4	21,2	30,1	45	11—12	„ geschlossen
„ II. St. IV[2] .	217	0,0130	155,1	35	60,1	85,1	8,4	14,3	20,3	59	12—13	

Schülerzahl würde dies für unsere Schulzimmer ungefähr die 5fache Lufterneuerung betragen, die als unerträglicher Zug empfunden werden müsste.

Aus der Tabelle für die Berechnung der Schülerzahl, und zwar aus der Columne $C = 3\,m$, ergiebt sich, dass der Grenzwerth $p = 1{,}0$ pro mille zu niedrig gegriffen ist; ich bin der Ueberzeugung, dass in öffentlichen Schulen eine entsprechende derartig schwache Besetzung des Raumes durch Schüler nicht vorkommt und früher erst recht nicht vorgekommen ist; man denke sich einen Raum wie Kirchstr. 1/3 Zim. 3 von 7,9 m Länge und 6 m Breite mit nur 28 Schülern von 12—13 Jahren, oder Kirchstr. 1/3 Zimmer 4 von 7,5 m und 6 m Dimensionen mit nur 33 Kindern von 7—8 Jahren u. s. w. besetzt. Solche Verhältnisse waren praktisch nicht durchführbar. Und diese Zahlen für den Werth $p = 1{,}0$ pro mille würden überdies nur für den Fall einer 3fachen Lufterneuerung, der äussersten zulässigen, gelten.

Wenn nun auch bei der Anlage einer Ventilationseinrichtung ein möglichst grosser Effect angestrebt werden muss, so wird man doch wohl die Leistung etwas unter die äusserst zulässige Grenze normiren und sich mit weniger als der 3fachen Lufterneuerung im Durchschnitt begnügen müssen, um Schüler und Lehrer nicht den Unzuträglichkeiten eines Zugwindes auszusetzen; mir erscheinen die für Zimmer 3 I. Stock und Zimmer 4 Parterre des Gebäudes Kirchstrasse 1/3 erreichten Ventilationseffecte, welche mehr als $^2/_3$ des zulässigen sind, wohl angemessen, und für diesen Fall würde die Schülerzahl der thatsächlichen durchschnittlichen Lufterneuerung entsprechend für den Grenzwerth von 1,0 pro mille Kohlensäure noch niedriger sich herausstellen, 20 und 20,6.

Bei den beiden angezogenen Zimmern beträgt die Leistung der Ventilationsvorrichtungen beinahe $^5/_7$ (0,71) von dem 3fachen Kubikinhalt. Nimmt man diese Leistung als genügend an, so würde aus demselben Grunde, dem der Unmöglichkeit praktischer Durchführung, die ich für die Unzulässigkeit von 1,0 pro mille als Maximalgehalt der Luft an Kohlensäure anführte, auch der von 1,5 pro mille zu niedrig erscheinen, und auch der von 2,0 pro mille erscheint noch durchaus nicht zu hoch.

Ich habe in 2 Fällen, am 15. Februar und am 2. April, das Zimmer 3 Kirchstrasse 1/3 I. Stock mit wenigen Schülern besetzt gefunden, 49 und 43, bei einem Kohlensäuregehalt von 2,16 und 2,15 pro mille, also entsprechend der Zahl 48,6 für die durchschnittliche

Ventilationsgrösse dieses Zimmers bei 2,0 pro mille, und die Luft ist mir auch nicht im ersten Augenblick des Eintretens irgendwie unangenehm oder unbehaglich vorgekommen. Auch, wie gelegentlich erwähnt, bei grösserem Kohlensäuregehalt, 2,54, 2,81, 2,71, sogar 2,99, ist mir die Luft nicht schlecht, nicht einmal unbehaglich erschienen, und ich nehme keinen Anstand, auch auf die Gefahr hin, mir den Vorwurf oder Einwurf einer starken Abstumpfung meines subjectiven Empfindungsvermögens zuzuziehen, einen Gehalt von 2,0 pro mille Kohlensäure in der Schulzimmerluft als zulässig zu erklären. Und zwar unter 2 Einschränkungen.

Einmal halte ich es für unbedingt erforderlich, dass in den Schulzimmern die Luft so häufig wie möglich erneuert wird, dass also dazu nicht bloss die Zeit nach Schulschluss, sondern auch die Zwischenstunden benutzt werden; dass in gleicher Weise für die meiner Erfahrung nach überall vernachlässigte Lüftung der Corridore Sorge getragen wird. Denn, wie ich bereits oben zu erwähnen Gelegenheit nahm, giebt der Kohlensäuregehalt nicht immer einen Anhalt für die Beurtheilung der Beschaffenheit der Zimmerluft, er steht nicht immer im directen Verhältniss zu dem Eindruck auf unser Empfinden; für mich ist es eine bestimmte Erfahrung, dass bei verhältnissmässig geringem Kohlensäuregehalt eine in einem Zimmer eingeschlossene Luft des Gefühl des Unbehagens hervorrufen kann, während bei dem bedeutenden Gehalt von 2,5 pro mille Kohlensäure, selbst mehr, ein solcher Eindruck noch nicht sich aufzudrängen braucht; oder, bei geringer Kohlensäureproduction und geringer Ventilation kann, auch bei bedeutend geringerem Kohlensäuregehalt, die Zimmerluft den Eindruck einer schlechteren Atmosphäre machen, als bei zeitweise starker Kohlensäureproduction und bedeutendem Kohlensäuregehalt, aber bei fortwährender oder in kurzen Zwischenräumen stattfindender starker Lufterneuerung.

Das Zweite, was ich noch zu erwähnen habe, ist, dass ich nach dem Vorausgeschickten 2,0 pro mille für Schulzimmer als das Minimum des Maximum ansehe. Meinem Empfinden nach kann die Grenze noch höher gesetzt werden. Dafür mich bestimmt auszusprechen halte ich die Zahl meiner Untersuchungen noch für zu gering, und dieser letztere Umstand giebt mir noch nicht den Muth, den jetzt allgemein angenommenen Zahlen von 0,7 und 1,0 pro mille als Maximalgehalt einer guten Luft an Kohlensäure gegenüber, 2,5 oder 3,0 pro mille für zulässig zu erklären. —

Tabelle A.

Datum	Stunde	Local, Kubikinhalt, Zahl und Alter der Schüler	Temperatur	relat. Feuchtigkeit in %	Kohlensäure vol. pro mille	Bemerkungen
		Centralluftheizung.				
15.2.	7.30	Kirchstr. 1/3 I. St. Z. 3, 175,5 cbm	16,0	61,2	1,90	
„	8.30	65 Kinder v. 13 Jahren	17,3		2,54	
„	9.15	„ „	17,9		2,81	
„	10.	„ „	18,8		2,63	
„	10.30	„ 49 Kinder v. 13 Jahren	20,4		2,29	
„	11.	„ „	19,0	68,9	1,87	
„	11.45	„ „	19,3	67,6	2,16	
6.3.	7.30	„ „	18,3	57	0,363	
„	8.45	„ 65 Kinder v. 13 Jahren	21,1	62	2,62	um 8.30 Heizklappen geschlossen
„	10.	„ „	22,4	66	3,87	
„	11.20	„ „	22,9	66	3,66	
27.3.	8.45	„ „	16,9		1,86	alle Klappen offen
„	9.45	„ „	18,9		2,61	
„	11.15	„ „	19,5		2,54	
2.4.	8.30	„ „	18,1		1,67	
„	9.30	„ „	19,9		2,92	
„	10.45	„ „	20,5		2,13	
20.2.	7.30	„ I. St. Z. 6, 155,4 cbm	13,6	67,6	0,32	
„	8.45	69 Kinder v. 7—8 J.	17,0	75,7	2,71	Heizklappen beinahe geschlossen
„	9.40	„ „	18,2	77,5	3,89	
„	10.50	„ „	18,7	76,8	3,64	
14.3.	7.20	„ Part. Z. 4, 166,5 cbm	14,5	46	0,359	
„	8.50	65 Kinder v. 9 Jahren	19,4	55	3,03	alle Klappen offen
„	10.50	„ „	20,6	57	2,99	
„	11.50	„ „	21,4	58	2,92	
22.2.	7.45	„ II. St. Z. 4, 166,5 cbm	15,9	57	0,26	
„	8.45	68 Kinder v. 7—8 J.	19,7	68	2,76	Heizklappen geschl.
„	10.	„ „	20,4	67	2,92	
„	10.45	„ „	21,4	66	3,40	
27.3.	8.45	„ „	16,5		0,96	bis 8.40 1 Fenster offen, Heizkl. um 9 Uhr geschl. (Ventilationsschlot i. d. Schornstein verlängert)
„	9.45	„ „	18,2		3,10	
2.4.	8.40	„ „	18,4		2,04	alle Klappen offen (Ventilationsschlot i. d. Schornstein verlängert)
„	9.40	„ „	20,0		2,62	
25.2.	7.45	„ II. St. Z. 6, 155,4 cbm	14,3	66	0,34	
„	8.45	50 Kinder v. 12 Jahren	18,7	76	1,99	Heizklappen geschl.

Datum	Stunde	Local, Kubikinhalt, Zahl und Alter der Schüler	Temperatur	relat. Feuchtigkeit in %	Kohlensäure vol. pro mille	Bemerkungen
25.2.	10.45	Kirchstr. 1/3 II. St. Z. 6, 155,4 cbm	19,7	77	5,00	Heizklappen geschl.
„	10.50	„ 50 Kinder v. 12 Jahren	19,7	77	5,08	
27.3.	9.	„ „	17,8		2,86	alle Klappen offen; Ventilationsschlot übers Dach verlängert
„	10.	„ „	19,5		3,15	
„	11.30	„ „	19,8		3,04	
2.4.	8.45	„ „	17,7		2,23	
„	9.45	„ „	19,5		2,50	
„	10.50	„ „	19,7		2,74	
		Regulirfüllofenheizung.				
22.2.	7.30	Kirchstr. 28 H.H. II. St., 196 cbm	17,7	52	0,44	
„	8.55	„ 65 Kinder v. 10—11 J.	22,0	62	2,18	Fenster offen
„	9.35	„ „	24,5	58	2,91	
„	11.10	„ „	23,6	59	3,30	
25.2.	7.45	„ Part., 196 cbm	14,5	36	0,34	
„	9.15	„ 58 Kinder v. 13 Jahren	25,4	55	4,04	Fenster und Thür geschlossen
„	9.55	„ „	26,2	59	5,15	
„	11.5	„ „	23,5	62	3,50	
14.3.	7.45	„ „	13,8	43	0,35	
„	9.10	„ „	24,5	53	3,96	
„	10.	„ „	22,6	56	4,32	
„	11.15	„ „	22,7	56	4,31	
		Kachelofenheizung.				
20.2.	7.45	Kirchstr. 28 V.H. Pt. r., 238 cbm	13,9	62,7	0,61	
„	8.55	72 Kinder v. 7 Jahren	17,2	69,1	2,83	während des Unterrichtes 1 oder 2 Fenster geöffnet
„	9.55	„ „	17,6	68,9	3,35	
„	11.10	„ „	17,3	61,7	1,79	
6.3.	7.50	„ „	13,6	61	0,42	
„	9.	„ „	17,6	62	2,52	
„	9.45	„ „	17,6	67	3,39	
„	11.35	„ „	18,2	63	2,97	
		Warmwasserheizung.				
6.4.	8.45	Magdalenaeum II. St. V², 170 cbm	18,6	71	2,67	
„	9.45	45 Schüler v. 11—12 J.	19,1	70	3,94	
„	11.30	„ „	19,2	66	3,24	
„	12.45	„ „	19,6	63	2,28	
„	9.	„ IV², 217 cbm	18,9	67	2,78	
„	10.	59 Schüler v. 12—13 J.	20,2	70	3,90	
„	11.45	„ „	20,9	72	4,52	
„	1.	„ „	21,4	74	5,25	

Datum	Stunde	Local, Kubikinhalt, Zahl und Alter der Schüler	Temperatur	relat. Feuchtigkeit in %	Kohlensäure vol. pro mille	Bemerkungen
		Aussenluft.				
6.2.	11.	Kirchstrasse 1/3 im Hofe .	3,5		0,220	
11.2.	10.30	" . .	1,1		0,310	
15.2.	9.30	" . .	2,8		0,396	
22.2.	8.20	" . .	6,4	66	0,240	
25.2.	8.15	" . .	6,6	81	0,280	
6.3.	8.25	" . .	4,9	73	0,300	
14.3.	8.15	" . .	−0,3		0,284	
27.3.	11.	" . .	3,2		0,304	
2.4.	9.	" . .	4,1		0,270	
6.4.	9.	Magdalenaeum im Hofe . .	8,9		0,230	

Tabelle B.

Ventilationsgrössen.

n	t	p	a	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	t_2 bis t_2	C	Bemerkungen
Centralluftheizung, Kirchstrasse 1/3.										
I. Stock Zimmer 3, k = 0,0131, m = 175,5 cbm. — Versuchsreihe 1, 15. Febr. 78, 7.30—10.										
65	7.30	0,00190	0,000396							Heizklappen 3/4 offen beide Ventilationsöffnungen offen
„	8.30	0,00254		7.30— 8.30	381,6					
„	9.15	0,00281		7.30— 9.15	347,5	8.30— 9.15	340,2			
„	10.	0,00263		7.30—10.	379,6	8.30—10.	379,5	9.15—10.	387,5	
Versuchsreihe 2, 15. Febr. 78, 10.—11.45.										
49	10.30	0,00229	0,000396	10. —10.30	373,4					Klappen wie vorher Handarbeitsunterricht
„	11.	0,00187		10. —11.	453,7	10.30—11.	481,3			
„	11.45	0,00216		10. —11.45	365,7	10.30—11.45	365,3	11. —11.45	346,4	
Versuchsreihe 3, 6. März 78, 7.35—11.20.										
65	7.30	0,000363	0,00030							Heizklappen um 8.30 geschlossen; beide Ventilationsklappen offen
„	8.45	0,00262		7.30— 8.45	332,9					
„	10.	0,00387		7.30—10.	228,7	8.45—10.	217,1			
„	11.20	0,00366		7.30—11.20	251,5	8.45—11.20	250,5	10. —11.20	255,2	
Versuchsreihc 4, 27. März 78, 8.45—11.15.										
65	8.45	0,00186	0,000304							alle Klappen offen; Ventilationsschlot in den Schornstein
„	9.45	0,00261		8.45— 9.45	350,4					
„	11.15	0,00254		8.45—11.15	379,3	9,45—11,15	380,3			
Versuchsreihe 5, 2. April 78, 8.30—10.45.										
65	8.30	0,00167	0,000270							wie vorher.
„	9.30	0,00292		8.30— 9.30	287,8					
43	10.45	0,00213				9.30—10.45	317,8			

n	t	p	a	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	Bemerkungen
I. Stock Zimmer 6, $k = 0{,}0105$, $m = 155{,}4$. — Versuchsreihe 6, 20. Febr. 78, 7.30 — 10.50.										
69	7.30	0,00032	0,00030							Heizklappen beinahe geschlossen; Luft schauerlich
„	8.45	0,00271		7.30— 8.45	264,6					
„	9.40	0,00389		7.30— 9.40	186,2	8.45— 9.40	168,6			
„	10.50	0,00364		7.30—10.50	214,0	8.45—10.50	212,5	9.40—10.50	220	
Parterre Zimmer 4, $k = 0{,}0120$, $m = 166{,}5$. — Versuchsreihe 7, 14. März 78, 7.20 — 11.50.										
65	7.20	0,000359	0,000284							alle Klappen offen Gesangstunde, $k = 0{,}0167$
„	8.50	0,00303		7.20— 8.50	255,6					
„	10.50	0,00299		7.20—10.50	286,7	8.50—10.50	316,2			
„	11.50	0,00292		7.20—11.50	324,5	8.50—11.50	334,4	10.50—11.50	411,6	
II. Stock Zimmer 4, $k = 0{,}0105$, m 166,5. — Versuchsreihe 8, 22. Febr. 78, 7.45 — 10.45.										
68	7.45	0,00026	0,000240							Heizklappen beinahe geschlossen
„	8.45	0,00276		7.45— 8.45	196,5					
„	10.	0,00292		7.45—10.	257,6	8.45—10.	263,1			
„	10.45	0,00340		7.45—10.45	221,1	8.45—10.45	221,8	10. —10.45	204,7	
Versuchsreihe 9, 27. März 78, 8.45 — 9.45.										
68	8.45	0,00096	0,000304							bis 8.40 1 Fenster u. alle Kl. offen; um 9 U. Heizklappen geschlossen
„	9.45	0,00310		8.45— 9.45	185,3					
Versuchsreihe 10, 2. April 78, 8.40 — 9.40.										
68	8.40	0,00204	0,000270							alle Klappen offen; Ventilationsschlot in den Schornstein
„	9.40	0,00262		8,40— 9,40	287,8					
II. Stock Zimmer 6, $k = 0{,}0130$, $m = 155{,}4$ cbm. — Versuchsreihe 11, 25. Febr. 78, 7.45 — 10.50.										
50	7.45	0,00034	0,000280							Heizklappen geschlossen
„	8.45	0,00199		7.45— 8.45	337,6					
„	10.45	0,00500		7.45—10.45	125,0	8.45—10.45	115,6			
„	10.50	0,00508		7.45—10.50	123,3					

n	t	p	a	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	Bemerkungen
				II. Stock Zimmer 6, k = 0,0130, m = 155,4 cbm. — Versuchsreihe 12, 27. März 78, 9. — 11.30.						
50	9.	0,00286	0,000304							alle Klappen offen; Ventilationsschlot zum Dach hinaus
„	10.	0,00315		9. —10.	220,5					
„	11.30	0,00304		9. —11.30	236,5	10. —11.30	237,9			
				Versuchsreihe 13, 2. April 78, 8.45 — 10.50.						
50	8.45	0,00230	0,000270							wie vorhergehend
„	9.45	0,00250		8.45— 9.45	284,2					
„	10.50	0,00274		8.45—10.50	260,8	9.45—10.50	257,5			
				Regulirfüllofenheizung, Kirchstrasse 28 Hinterhaus.						
				II. Stock, k = 0,0125, m = 196 cbm. — Versuchsreihe 14, 22. Febr. 78, 7.45 — 11.10.						
65	7.45	0,00044	0,00024							1 Fenster geöffnet
„	8.55	0,00218		7.45— 8.55	378,1					
„	9.35	0,00291		7.45— 9.35	283,7	8.55— 9.35	252,8			
„	11.10	0,00331		7.45—11.10	261,2	8.55—11.10	258,7	9.35—11.10	259,1	
				Parterre, k = 0,0130, m = 196 cbm. — Versuchsreihe 15, 25. Febr. 78, 7.45 — 11.5.						
58	7.45	0,00034	0,00028							
„	9.15	0,00404		7.45— 9.15	122,4					
„	9.55	0,00515		7.45— 9.55	103,1	9.15— 9.55	97,7			
„	11.5	0,00350		7.45—11.5	228,7	9.15—11.5	238,1	9.55—11.5	268,2	
				Versuchsreihe 16, 14. März 78, 7.45 — 11.15.						
58	7.45	0,00035	0,000284							
„	9.10	0,00396		7.45— 9.10	119,0					
„	10.	0,00432		7.45—10.	156,0	9.10—10.	171,8			
„	11.15	0,00431		7.45—11.15	179,0	9.10—11.15	183,9	10.55—11.15	186,7	

K a c h e l o f e n h e i z u n g, Kirchstrasse 28 Vorderhaus.

Parterre rechts, $k = 0{,}0105$, $m = 238^{\text{cbm}}$. — Versuchsreihe 17, 20. Febr. 78, 7.45 — 11.10.

a	t	p	a	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	Bemerkungen
72	7.45	0,00061	0,00030							1 oder 2 Fenster geöffnet
„	8.55	0,00283		7.45— 8.55	190,0					
„	9.55	0,00335		7.45— 9.55	215,5	8.55— 9.55	222,6			
„	11.10	0,00179		7.45—11.10	506,2	8.55—11.10	509,4	9.55—11.10	541,4	

Versuchsreihe 18, 6. März 78, 7.45—11.35.

a	t	p	a	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	Bemerkungen
72	7.45	0,00042	0,00030							1 Fenster geöffnet
„	9.	0,00252		7.45— 9.	253,9					
„	9.45	0,00339		7.45— 9.45	200,0	9. — 9.45	177,3			
„	11.35	0,00297		7.45—11.35	279,3	9. —11.35	279,9	9.45—11.35	287,8	

W a r m w a s s e r h e i z u n g, Magdalenaeum.

II. Stock V[2], $k = 0{,}0125$, $m = 169{,}75^{\text{cbm}}$. — Versuchsreihe 19, 6. April 78, 8.45 — 12.45.

a	t	p	a	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	Bemerkungen
45	8.45	0,00267	0,000230							
„	9.45	0,00394		8.45— 9.45	109,8					
„	11.30	0,00324		8.45—11.30	184,4	9.45—11.30	193,3			
„	12.45	0,00228		8.45—12.45	273,8	9.45—12.45	275,5	11.30—12.45	291,8	Fenster offen gestanden?

II. Stock IV[2], $k = 0{,}0130$, $m = 217^{\text{cbm}}$. — Versuchsreihe 20, 6. April 78, 9 — 1.

a	t	p	a	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	t_1 bis t_2	C	Bemerkungen
59	9.	0,00278	0,000230							
„	10.	0,00890		9. —10.	163,9					
„	11.45	0,00452		9. —11.45	168,9	10. —11.45	169,6			
„	1.	0,00525		9. — 1.	146,9	10. — 1.	146,0	11.45— 1.	185,4	

Ueber die Schwankungen im Kohlensäuregehalte des Grundwassers.

Von

Dr. **M. Popper,**
Privatdocent in Prag.

(Aus dem Laboratorium des Herrn Prof. Huppert in Prag.)

Die Kohlensäure, welche dem Trinkwasser den angenehmen pikanten Geschmack verleiht, kömmt nicht bloss in reinen guten Quellen vor, sie findet sich auch reichlich im Wasser, das aus einem stark verunreinigten Boden stammt.

Es ist bekannt, dass der Boden mehr oder weniger viel organische Stoffe enthält, deren Zerfall hauptsächlich Kohlensäure liefert, und Pettenkofer hat gezeigt, dass diese Kohlensäure in die Grundluft und in das Grundwasser übergeht, in die erstere allerdings reichlicher als in das letztere[1]).

Wenn er an einer und derselben Stelle die Grundluft sowohl als das Grundwasser auf ihren Kohlensäuregehalt untersuchte und mit einander verglich, so fand er wiederholt die Luft um 50% daran reicher als das Wasser.

Dieses letztere kann aber seine Kohlensäure nur aus dem Boden beziehen, denn die meteorischen Niederschläge, aus welchen das Grundwasser herstammt, sind daran relativ arm.

In der Hoffnung, in der Kohlensäure des Untergrundes einen Maassstab für die Verunreinigung des Bodens und ein Mittel zur Erkenntniss der zeitlichen und örtlichen Disposition für Cholera und Typhus zu finden, ist insbesondere das Verhalten der Grund-

---

1) M. v. Pettenkofer, Sitzungsberichte der kgl. bayer. Akademie d. Wissensch. 1871. — Derselbe, über den Kohlensäuregehalt der Grundluft im Geröllboden von München. Zeitschrift f. Biologie 1871 Bd. 7.

luft mit Vorliebe studirt worden, zuerst von Pettenkofer, dann von Fleck, Fodor, Smolenski und Wolffhügel[1]).

Dagegen hat die Kohlensäure des Trinkwassers weitaus geringere Beachtung gefunden, und es erschien mir deshalb nicht ganz ohne Interesse, das Verhalten derselben in dem Wasser unserer fast durchgehends stark verunreinigten Prager Pumpbrunnen näher zu untersuchen.

Vor allem war erforderlich festzustellen, ob das durch Pumpen aus den Brunnen heraufbeförderte Wasser mit dem durch Schöpfen gewonnenen in Bezug auf den Gehalt an Kohlensäure übereinstimmt und ob dieser letztere in allen Wassertiefen gleich bleibt, oder ob er ähnlich wie das bei der Grundluft der Fall ist mit der Tiefe zunimmt.

Eine zweite Aufgabe der Untersuchung bestand darin, zu constatiren, ob und welchen Schwankungen der Zeit nach die Kohlensäuremenge im Wasser ausgesetzt sei und ob gewisse Factoren auf diese Schwankungen von Einfluss sind.

Endlich war der Gehalt des Wassers an Kohlensäure, als Ausdruck der im Boden vor sich gehenden Zersetzungsprocesse betrachtet, mit dem Gehalte an einem anderen charakteristischen Maassstabe der Verunreinigung (Chlor) zu vergleichen und zu sehen, ob etwa ein Parallelismus zwischen beiden stattfindet. Zur quantitativen Bestimmung der Kohlensäure in diesen Versuchen diente die Methode von Pettenkofer, welche bekanntlich im Princip auf der Absorption von Kohlensäure durch eine titrirte Lösung von Barythydrat und auf nachheriger acidimetrischer Rücktitrirung beruht[2]).

Das vervollkommnete Verfahren, wie es gegenwärtig im hygienischen Institute zu München geübt wird, haben Wolffhügel und Lang mitgetheilt.

---

1) Pettenkofer a. a. O. — Ferner Zeitschrift f. Biologie 1873 Bd. 9, 1875 Bd. 11, 1876 Bd. 12. — Fleck, Jahresber. d. chem. Centralstelle. Dresden 1873 Bd. 2, 1874 Bd. 3, 1876 Bd. 4 u. 5. — Fodor, Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1875 Bd. 7. — Smolensky, Zeitschr. f. Biol. 1877 Bd. 13. — Wolffhügel, Zeitschr. f. Biol. 1879 Bd. 15.

2) Fresenius, Anleitung zur quant. chem. Analyse 1873 S. 440. — Wolffhügel und Lang, Zeitschr. f. Biol. 1876 Bd. 12 S. 580.

Mit den erforderlichen Lösungen (Barythydrat, Salmiak und Chlorbaryum) wurden reine trockene Cylinder beschickt, die mittelst Kautschukpfropfen gut verschlossen werden konnten, wobei das Barythydrat aus einer Burette eingefüllt wurde, die ihren Zufluss direct aus der Barytwasserflasche erhielt. Die Cylinder wurden geschlossen an die Schöpfstelle gebracht, daselbst mittelst eines Maasskölbchens möglichst schnell ein bestimmtes Quantum des soeben geschöpften Wassers abgemessen, in einen der Cylinder gegossen und dieser sofort wieder geschlossen.

Mit jeder Wasserprobe wurden immer zwei verschiedene Cylinder gefüllt, so dass jede einzelne Bestimmung doppelt ausgeführt werden konnte.

Die Cylinder blieben bis zum anderen Tage verschlossen im Laboratorium stehen, worauf von der über dem Baryumcarbonate stehenden klaren Flüssigkeit das zur Titrirung erforderliche Quantum mit einer Pipette abgehoben wurde.

Zwischen Pipette und Saugrohr war ein mit Verbrennungslauge gefüllter Kaliapparat eingeschaltet, damit eine Verunreinigung der Flüssigkeit durch die Kohlensäure der Athemluft verhindert werden konnte.

Mit Hilfe dieser Methode wurde nun zunächst untersucht, wie sich der Kohlensäuregehalt des durch Pumpen gewonnenen Wassers verhält zu der Kohlensäure desjenigen, das aus irgend einer Schicht der Wassersäule im Brunnen durch Ausschöpfen heraufgeholt worden ist. Zur Vornahme der bezüglichen Versuche wurde ein Schöpfapparat in zwei verschiedenen Modificationen angewendet.

Zur Entnahme von Wasser bloss aus den oberen Schichten wurde ein Glasballon gebraucht, der an dem oberen und unteren Ende seines verticalen Durchmessers offen und an dem unteren in eine Spitze ausgezogen war.

Durch Belastung mit einem Schieferringe ging die eingesenkte Kugel unter den Wasserspiegel hinab, und damit das in den Apparat eingedrungene Wasser gehoben werden könne, war die obere Oeffnung der Kugel durch eine als Ventil wirkende gespannte Kautschukplatte geschlossen.

Wurden nun die den Brunnenschacht bedeckenden Bohlen abgehoben, die Kugel mittelst einer Schnur hinabgelassen und unter den Spiegel versenkt, so drang das Wasser von der unteren Spitze aus in den Ballon ein, trieb die Luft oben beim Kautschukventil in Blasen aus und konnte dann gefüllt wieder heraufgezogen werden.

Hierauf wurde das Ventil mittelst eines daruntergeschobenen dünnen Holzspans gelüftet, das ausfliessende Wasser in dem früher erwähnten Maasskölbchen aufgefangen und zur Beschickung der Cylinder verwendet.

Zur Entnahme von Wasser aus grösseren Tiefen war der Apparat selbstverständlich nicht anwendbar, da das Wasser bereits oberhalb derselben in die Kugel eindrang. Es musste vielmehr der Ballon bis in die gewünschte Tiefe geschlossen eingeführt und erst daselbst des Verschlusses der Spitze entledigt werden können.

Zu diesem Ende modificirte Herr Mechaniker Rothe vom hiesigen physiologischen Institute die Vorrichtung in der Weise, dass ein Glasballon der vorigen Art und gleichfalls mit oberem Kautschukventil und einer (etwas grösseren) Schieferbelastung versehen an seinem unteren verjüngten Ende durch einen kleinen Gummipfropf geschlossen wurde. Dieser Stöpsel war an einer federnden Metallspange befestigt, und zwischen Schieferfassung und Feder war ein Gummiballon angebracht, der aufgeblasen werden konnte und im geblähten Zustande den Verschluss von der Mündung des Apparates abzog.

Ihren Weg nahm die eingeblasene Luft durch ein mit dem Gummiballon verbundenes langes Bleirohr, das von einem Holzrade abgewickelt wurde, und am oberen Rohrende befand sich ein mittelst Dreiwegehahn verschliessbares Ansatzstück von Messing, das zum Anschrauben einer Spritze eingerichtet war.

An einem Stricke, der zugleich zur Tiefenmessung diente und der deshalb von $^1/_2{}^m$ zu $^1/_2{}^m$ mit farbigen Glasperlen besetzt war, wurde der Apparat (geschlossen und mit schlaffem Gummiballon) bis in die gewünschte Tiefe versenkt. Nun wurde eine Injectionsspritze von $^1/_2$ Liter Fassungsraum bei aufgezogenem Stempel an das Ansatzstück des Bleirohres geschraubt, durch Drehung des

Hahns die Communication mit dem Gummiballon hergestellt und durch Vorschieben des Stempels Luft eingetrieben.

Bei geringer Wassertiefe war ein nur einmaliges Einblasen von Luft erforderlich, bei grösserer jedoch musste dieses wiederholt werden; zu diesem Behufe wurde die Spritze nicht entfernt, sondern bloss durch Drehung des Hahns die Communication mit dem Gummiballon geschlossen, jene mit der äusseren Luft hergestellt, der Stempel der Spritze aufgezogen und nach abermaliger entsprechender Hahndrehung die letztere entleert.

Ein Zerplatzen des Ballons in Folge von Ueberdruck trat niemals ein.

War nun der Apparat durchaus in Ordnung, so öffnete sich bei dem beschriebenen Manöver mittelst Luftdruckes das untere Ventil, das Wasser drang in die Kugel ein, was an dem Auftreten von zahlreichen Blasen an der Oberfläche erkannt wurde, und nach Aufhören der Blasenbildung wurde der nun gefüllte Apparat heraufgezogen.

Nach Beschreibung der angewandten Vorrichtungen, von denen mir die letztere vor den zu ähnlichen Zwecken von Fresenius angegebenen den Vorzug zu verdienen scheint, ist nunmehr über das Resultat der vorgenommenen Vergleichung, des Gehaltes an Kohlensäure in dem unter der Oberfläche geschöpften und dem aus dem Pumpenrohre ausfliessenden Wasser, Bericht zu erstatten.

In 100 ccm Wasser waren enthalten CO_2:

Datum	Brunnen	geschöpft	gepumpt
am 23. Jan.	Böhm. Technik. Hintere Pumpe	0,019	0,025
„ 27. „	Neben dem Kinderspitale Nr. 527 — II . . .	0,018	0,026
„ 30. „	Neben dem Taubstummeninstitute Nr. 501 — II	0,021	0,023
„ 14. Febr.	Karlsplatz z. schwarzen Adler Nr. 314 — II	0,012	0,022
„ 21. Juni	Nr. 527 — II	0,018	0,026

Sonach war also das gepumpte Wasser reicher an Kohlensäure als das aus den oberen Schichten derselben Brunnen

durch Schöpfen gewonnene: ein Resultat, das jedenfalls auf den ersten Blick etwas auffällig ist, das aber durch die Ergebnisse der weiter unten folgenden Versuche vollständig erklärt wird.

In weiterer Verfolgung der gestellten Aufgabe wurde ferner das mittelst des zweiten Apparates aus verschiedenen Tiefen eines und desselben Brunnens gehobene Wasser analysirt, ebenso das durch Pumpen oder freiwilligen Ausfluss zu Tage tretende, und die bezüglichen Kohlensäuremengen mit einander verglichen.

Als geeignetes Object für fortlaufende Untersuchungen dieser Art bot sich mir insbesondere ein tiefer Brunnenschacht dar, der sich im Garten des hiesigen pflanzenphysiologischen Institutes, im sog. Wenzelsbade befindet und dessen längere Benützung mir der darüber verfügende Professor der Botanik, k. k. Regierungsrath Herr Dr. Adolf Weiss, freundlichst gestattet hat.

Es war dies der obere von den beiden Einsteigeschächten einer kleinen Leitung, deren Wasser an einer tiefer gelegenen Stelle des Gartens aus einem Ausflussrohre als „Wenzelsbadquelle" zu Tage tritt.

Der Schacht hat eine Tiefe von 10^m, die Wassersäule mass 5^m, und es wurden Proben von der Sohle (5^m), aus der Mitte ($2\frac{1}{2}^m$), dann nächst der Oberfläche (1^m unter dem Spiegel), endlich vom Auslaufe genommen. Gepumptes Wasser konnte hier nicht zur Untersuchung kommen.

Die nachfolgende Tabelle zeigt den Kohlensäuregehalt in diesen verschiedenen Schichten. Es waren Gramme CO_2 enthalten in 100^{ccm} Wasser aus:

Datum	Tiefe	Mitte	Oberfläche	Ausfluss
am 30. April	0,048	—	—	—
„ 1. Mai	0,046	0,035	0,019	0,012
„ 21. „	0,044	0,031	0,017	0,010
„ 23. „	0,046	0,035	0,018	0,013
„ 25. „	0,046	0,031	0,016	0,010
„ 26. „	0,058	0,047	0,030	0,021
„ 27. „	0,058	0,050	0,033	0,022
„ 28. „	0,053	0,042	0,023	0,017
„ 29. „	0,053	0,043	0,023	0,018
„ 30. „	0,047	0,034	0,020	0,012

Datum	Tiefe	Mitte	Oberfläche	Ausfluss
am 8. Juni	0,053	0,040	0,022	0,017
„ 9. „	0,053	0,039	0,023	0,016
„ 10. „	0,046	0,035	0,017	0,009
„ 11. „	0,046	0,034	0,017	0,008
„ 13. „	0,046	0,035	0,016	0,009
„ 14. „	0,046	0,034	0,014	0,009
„ 18. „	0,053	0,042	0,022	0,018
„ 19. „	0,053	0,040	0,018	0,017
„ 20. „	0,053	0,040	0,022	0,017

Die wesentlichsten Resultate, die sich aus der Betrachtung der vorstehenden Tabelle ergeben, sind:

1. Die Kohlensäuremenge des Wassers ist in verschiedenen Brunnentiefen verschieden und nimmt von unten nach oben ab.
2. Der Gehalt des Wassers an Kohlensäure ist zeitweisen Schwankungen unterworfen.

Beides ergiebt sich auch aus der Untersuchung anderer Brunnen (Pumpbrunnen), die zugleich zur Ergänzung der oben mitgetheilten Versuche über das Verhältniss zwischen gepumptem und geschöpftem Wasser angestellt worden ist.

Die Resultate derselben sind in der folgenden Tabelle niedergelegt.

Datum	Brunnen	Wassersäule	Kohlensäure pro 100ccm Wasser	Tiefe	Oberfläche	gepumpt
23. Jan.	Böhm. Technik	3 m		—	0,019	0,025
30. Juni	„	3		0,030	0,017	0,028
27. Jan.	Nr. 527 — II	3		—	0,018	0,026
21. Juni	„	3		0,028	0,016	0,027
13. Mai	Nr. 344 — II	3		0,031	0,016	0,030
4. Juli	„	3		0,034	0,017	0,032
2. „	Nr. 332 — II	1½		0,025	—	0,025
7. „	Nr. 334 — II	1¼		0,022	—	0,022
11. „	Nr. 335 — II	1¼		0,023	—	0,022

Aus dieser Tabelle geht eine genügende Uebereinstimmung im Kohlensäuregehalte gepumpter und geschöpfter Wässer für den Fall hervor, dass die letzteren aus der Tiefe des Brunnens heraufgehoben werden, in welche ja das Pumpenrohr hinabgeht.

Das Wasser dagegen aus den oberen Schichten, wie bereits früher bemerkt worden ist, enthält weniger Kohlensäure als das durch Pumpen heraufgeförderte.

Im Untersuchungsplane, wie er eingangs entwickelt wurde, war ferner das Studium solcher Bedingungen in Aussicht genommen, von welchen möglicherweise die Schwankungen im Kohlensäuregehalte der Wässer abhängen, und zwar lag es besonders nahe, die Beziehungen der Kohlensäure zu den Bewegungen des Grundwassers und zu dem Barometerstande an den Schöpftagen zu untersuchen. Bezüglich der Grundwasserbeobachtungen traf es sich besonders günstig, dass nur wenige Schritte von der Wenzelsbadquelle entfernt sich die Messungsstation des medicinisch-chemischen Institutes befindet, in welcher das Grundwasser in einem dazu abgesenkten Standrohre mittelst eines selbstthätigen Apparates gemessen wird, so dass ich nur einfach den vom Zeiger nachgewiesenen Grundwasserstand an den Versuchstagen zu notiren brauchte.

Ueberdies nahm ich noch gleichzeitig Messungen des Ausflusses der Quelle in der Weise vor, dass der Wasserstrahl vermittelst eines über das Ausflussrohr gezogenen Hanfschlauchstückes auf ein gegebenes Zeichen in ein bereit gehaltenes Blechgefäss von 16 Liter Inhalt geleitet und die zur Füllung des Gefässes erforderliche Zeit an einer Uhr mit Secundenzeiger abgelesen wurde.

Die erhaltenen Resultate wurden dann auf die Zeiteinheit, nämlich 1 Secunde, berechnet. Endlich wurde noch zum Vergleich der Wasserstand des Moldauflusses herangezogen und dazu die Resultate der Messungen benützt, welche täglich von Organen des hiesigen städtischen Bauamtes beim Altstädter Mühlwehr vorgenommen werden.

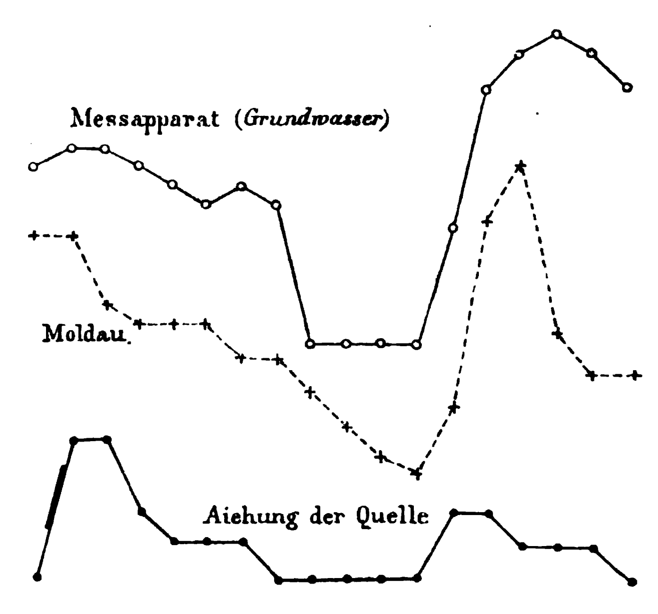
In der folgenden Tabelle bedeuten die Zahlen der ersten Reihe den Grundwasserstand nach den Anzeigen des Registrirapparates beim medicinisch-chemischen Institute, und zwar ist darunter jedes Mal die Entfernung des Wassers von der Erdoberfläche in Centimetern zu verstehen. Die zweite Reihe bringt den Wasserstand der Moldau zum Ausdruck, in Centimetern über dem Nullpunkte des Pegels. Die Werthe der dritten Reihe endlich sind die Resultate der Aichung des Wasserausflusses aus dem Rohre der

Wenzelsbadquelle und zeigen an, wie viele Liter jedes Mal in einer Secunde ausgeflossen sind. Die Beobachtungszeit erstreckte sich vom 21. Mai bis einschliesslich 20. Juni 1879.

Datum	Apparat	Moldau	Aichung
21. Mai	341 cm	47 cm	— Liter
23. „	342	61	0,57
24. „	341	61	0,64
25. „	341	52	0,64
26. „	342	50	0,61
27. „	343	50	0,59
28. „	344	50	0,59
29. „	343	44	0,59
30. „	344	41	0,57
31. „	342	38	—
1. Juni	343	35	—
2. „	344	32	—
3. „	343	30	—
4. „	345	28	—
5. „	346	30	—
6. „	351	30	—
7. „	352	30	—
8. „	352	32	0,57
9. „	352	35	0,57
10. „	352	30	0,57
11. „	352	27	0,57
12. „	349	32	—
13. „	345	38	0,61
14. „	337	74	0,61
15. „	335	83	0,59
16. „	335	72	—
17. „	334	62	—
18. „	334	58	0,59
19. „	335	53	0,59
20. „	337	51	0,57

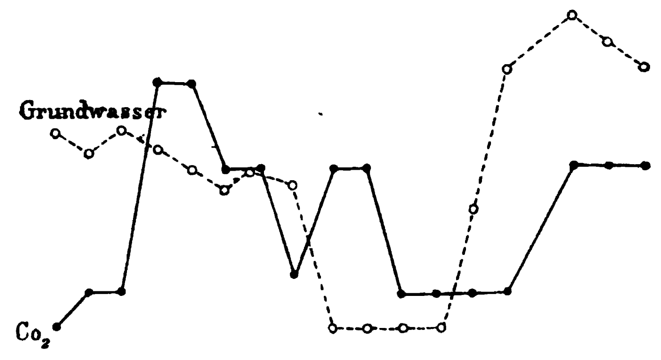
Graphisch verzeichnet ergeben die vorstehenden Messungsresultate die folgende Tabelle, bezüglich deren noch bemerkt werden muss, dass die Messungsstation im Wenzelsbade in geringer Entfernung von der Moldau auf einem Bergabhange liegt, 190^{m} über See. Die Wenzelsbadquelle liegt wenige Schritte oberhalb der Station. Der Nullpunkt des Altstädter Moldaupegels liegt nach Prof. Harlacher 183^{m} über See.

Diese Curven lassen eine hinreichende Uebereinstimmung erkennen, am ausgeprägtesten beim Vergleich von Grund- und Flusswasser.



23/5 24/5 25/5 26/5 27/5 28/5 29/5 30/5 8/6 9/6 10/6 11/6 13/6 14/6 15/6 18/6 19/6 20/6

Die nachstehende Tabelle vergleicht die Curve des Grundwasserstandes (nach dem Messungsapparate im Wenzelsbade) mit jener der Kohlensäuremenge im Wasser, von der Sohle des dortigen Brunnenschachtes.



21/5 23/5 25/5 26/5 27/5 28/5 29/5 30/5 8/6 9/6 10/6 11/6 13/6 14/6 15/6 18/6 19/6 20/6

Es zeigen in dieser graphischen Darstellung die Bewegungen des Grundwassers und die Schwankungen der Kohlensäure bald

ein ähnliches, bald ein entgegengesetztes Verhalten, so dass eine bestimmte Beziehung zwischen beiden aus den Curven nicht abgeleitet werden kann. —

Ein zweiter Factor, dessen Einfluss auf die Schwankungen der Kohlensäure im Wasser der Untersuchung werth schien, war der Luftdruck. Bekanntlich hat Prof. Adolf Vogt in Bern zuerst darauf aufmerksam gemacht, dass mit dem Barometerfalle die Bodengase aufsteigen, und Fodor hat speciell für die Kohlensäure der Grundluft nachgewiesen, dass dem Fallen des Barometers eine Zunahme der Kohlensäure, und umgekehrt dem Steigen des Quecksilbers eine Abnahme derselben entspricht[1]).

Wenn nun auch Wolffhügel eine solche Coincidenz nicht gefunden hat, so war doch noch immerhin Grund vorhanden, das Verhalten des Luftdruckes zur Kohlensäure des Wassers zu untersuchen[2]).

Es folgen hier als eine der Grundlagen des Vergleiches, die Zahlen für den mittleren Luftdruck in Prag in der Zeit vom 30. April bis einschliesslich 20. Juni 1879, mit Ausnahme jener Tage, an welchen kein Wasser zur Kohlensäureuntersuchung geschöpft wurde. Sie sind aus den Beobachtungen an der hiesigen Sternwarte berechnet worden und bedeuten Millimeter.

Mittlerer Luftdruck.

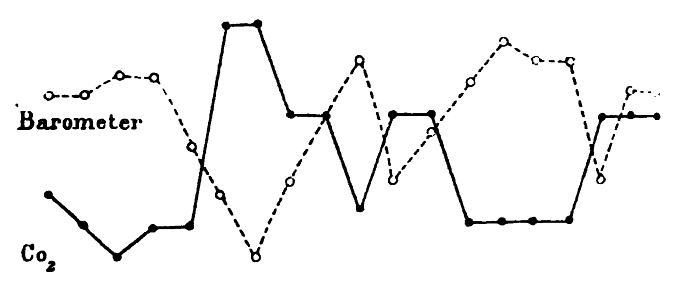
Datum	Luftdruck	Datum	Luftdruck
30. April . .	744,7 mm	8. Juni . .	738,8 mm
1. Mai . . .	744,5	9. „ . .	742,3
21. „ . . .	745,0	10. „ . .	745,0
23. „ . . .	745,7	11. „ . .	747,0
25. „ . . .	740,4	13. „ . .	746,3
26. „ . . .	738,1	14. „ . .	746,5
27. „ . . .	733,8	18. „ . .	738,8
28. „ . . .	737,4	19. „ . .	744,2
29. „ . . .	738,8	20. „ . .	744,5
30. „ . . .	746,1		

Auf der Unterlage dieser Zahlen bringt die nachstehende Tabelle die Beziehungen zwischen dem Barometerstande und der Kohlensäure des Wassers graphisch zum Ausdruck.

1) A. Vogt, Trinkwasser und Bodengase. Basel 1874. — v. Fodor, Varrentrapp's Deutsche Vierteljahrsschr. f. öffentl. Gesundheitspflege 1875 Bd. 7.

2) Bericht über die hygienische Section bei der 50. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in München von Dr. Sachs. Deutsche Vierteljahrsschrift f. öffentl. Gesundheitspflege 1878 Bd. 10.

Unter Kohlensäure ist wieder wie früher jene aus dem Wasser von der Sohle des Brunnenschachtes im Wenzelsbade gemeint.



Es ergiebt sich aus diesem Vergleiche in der That eine Coincidenz zwischen den Schwankungen des Luftdruckes und den correspondirenden der Kohlensäure, nämlich im entgegengesetzten Sinne, und es müssen weitere Untersuchungen darthun, ob dieses Zusammentreffen ein gesetzmässiges ist, oder ob es auf einem blossen Zufalle beruht.

Als dritten Punkt, auf welchen die Untersuchungen gerichtet waren, habe ich Eingangs die Beziehungen bezeichnet, die etwa zwischen der Kohlensäure und einem solchen Bestandtheile des Wassers bestehen dürften, der als verlässlicher Maassstab der Verunreinigung der Brunnen benützt werden kann.

Wenn nämlich die Kohlensäure des Wassers unter Umständen als Ausdruck der Bodenverunreinigung gelten darf, wie dies bei unseren grossentheils schlechten Brunnen in Prag anzunehmen ist, so lässt sich der Fall denken, dass zwischen ihrer Menge und der Menge eines anderen Indicators der Wasserverderbniss ein gewisser Parallelismus sich herausstellen könnte.

Als verlässlichster Indicator in dieser Hinsicht wird nun heute ziemlich allgemein das Chlor angesehen und es hat namentlich C. Flügge die ausführlichsten Beweise dafür beigebracht[1]). Es wurden deshalb gleichzeitig mit der Entnahme von Wasserproben für die Bestimmung der Kohlensäure auch solche zur Chlorbestimmung geschöpft oder gepumpt und die Analyse selbst nach der

1) C. Flügge, die Bedeutung der Trinkwasseruntersuchungen für die Hygiene. Zeitschrift f. Biologie 1877 Bd. 13.

bekannten Methode von Mohr mittelst $^1/_{10}$ Normalsilberlösung und Kaliumchromat vorgenommen.

Wie bei der Kohlensäure wurde ferner auch hier der Vergleich zwischen geschöpftem Wasser aus verschiedener Tiefe und zwischen gepumptem oder ausfliessendem angestellt.

Die dabei erhaltenen Resultate waren je nach den benützten Brunnen verschieden.

Speciell im Wenzelsbade führte die Untersuchung zu den Ergebnissen, die in der folgenden Tabelle niedergelegt sind.

In 100 ccm Wasser waren nämlich enthalten Milligramm Chlor:

Datum	in der Tiefe	an der Oberfläche	im Ausflusswasser
10. Juni	0,016	0,006	0,005
11. „	0,012	0,006	0,005
13. „	0,012	0,006	0,005
14. „	0,012	0,006	0,005
18. „	0,016	0,006	0,005
19. „	0,016	0,007	0,005
20. „	0,014	0,007	0,006

Diese auffallende Verschiedenheit im Chlorgehalte eines und desselben Wassers, geschöpft an denselben Untersuchungstagen kann zunächst erklärt werden durch Eindringen von chlorarmen Zuflüssen, also von meteorischen Niederschlägen, zu den oberen Schichten des Wassers.

Die örtlichen Verhältnisse an der Schöpfstation waren einem solchen Eindringen jedenfalls günstig.

Der Brunnenschacht stand im Freien, in einer Gartenanlage, die überdies viel mit Flusswasser begossen wurde, und sowohl das Mauerwerk als besonders die bedeckenden Bohlen befanden sich in einem sehr schlechten, undichten Zustande.

Andrerseits ist es aber auch möglich, dass die unteren Wasserschichten des betreffenden Schachtes durch chlorreiche Abwässer und Kanaljauche z. B. aus dem dicht angrenzenden Landeszuchthause (mit ca. 1400 Einwohnern) verunreinigt werden.

Während nun in diesem Falle (Wenzelsbad) das aus der Tiefe geholte Wasser sich auffällig reicher an Chlor erwies als von Ober-

fläche und Ausfluss genommenes, und bloss die letzteren nahezu den gleichen Chlorgehalt zeigten, waren die Ergebnisse der bezüglichen Untersuchung einiger anderer Brunnen (Pumpbrunnen) ganz andere. Die betreffenden Brunnen hatten bloss eine Wassertiefe von 1½ bis 3 m, waren besser gegen Regen geschützt und zeigten beim Schöpfen wie beim Pumpen, in der Tiefe und an der Oberfläche des Wassers gleichen Chlorgehalt, wie aus der folgenden Tabelle hervorgeht.

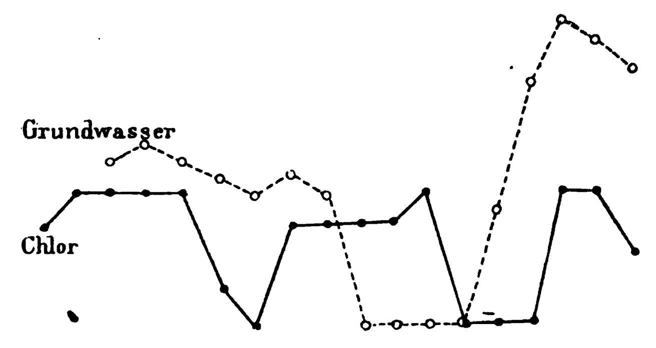
Je 100 ccm Wasser enthielten Milligramm Chlor:

Brunnen	Tiefe	Oberfläche	gepumpt
Nr. 344 — II .	0,026	0,026	0,026
Nr. 332 — II .	0,007	0,006	0,007
Nr. 334 — II .	0,007	0,007	0,007
Nr. 335 — II .	0,008	0,008	0,008
Nr. 527 — II .	0,015	0,014	0,014
Böhm. Technik	0,014	0,014	0,014

Um innerhalb eines bestimmten Zeitraumes die Schwankungen im Chlorgehalte eines und desselben Wassers kennen zu lernen, wurde ferner jenes von der Tiefe des Wenzelsbadschachtes fortlaufend untersucht, und es zeigte dasselbe in der Zeit zwischen dem 1. Mai und 20. Juni 1879 an den einzelnen Untersuchungstagen folgenden Chlorgehalt pro 100 ccm Wasser:

Datum	Chlor	Datum	Chlor
1. Mai . . .	0,015	8. Juni . . .	0,015
21. „ . . .	0,016	9. „ . . .	0,015
23. „ . . .	0,016	10. „ . . .	0,016
25. „ . . .	0,016	11. „ . . .	0,012
26. „ . . .	0,016	13. „ . . .	0,012
27. „ . . .	0,013	14. „ . . .	0,012
28. „ . . .	0,012	18. „ . . .	0,016
29. „ . . .	0,015	19. „ . . .	0,016
30. „ . . .	0,015	20. „ . . .	0,014

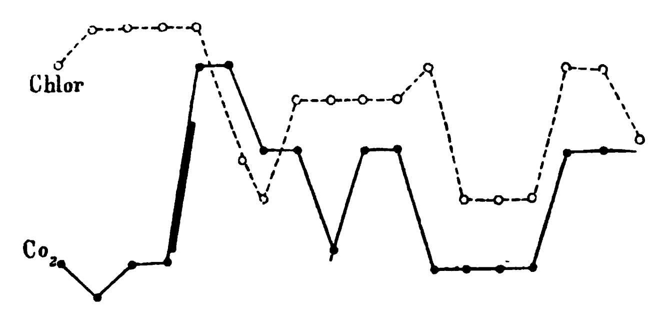
Drückt man die vorstehenden Ergebnisse der chemischen Analyse graphisch aus und vergleicht man die erhaltene Curve mit jener für den Stand des Grundwassers (nach den Anzeigen des Messapparates im Wenzelsbade), so erhält man die folgende Tabelle:



So weit sich aus derselben ein Schluss ableiten lässt, gehen die Schwankungen des Grundwassers und des Chlors ziemlich parallel, und es wäre das vielleicht mit grösserer Auslaugung des Bodens bei steigendem Grundwasser zu erklären.

Da ferner wohl Grundwasser und Chlor, aber nicht Grundwasser und Kohlensäure Beziehungen der Curven zu einander erkennen lassen, so lässt sich schon von vorn herein auf das Verhältniss zwischen Chlor und Kohlensäure schliessen.

In der That zeigen die folgenden Curven



bald ein übereinstimmendes, bald ein entgegengesetztes Verhalten, so dass etwas Bestimmtes daraus nicht gefolgert werden kann.

Jedenfalls kömmt nicht einzig und allein die Verunreinigung des Bodens im Kohlensäuregehalte der Brunnen zum Ausdruck und ausserdem ist noch zu bedenken, dass das Chlor bereits fertig zufliesst, während die Kohlensäure aus den zahlreichen organischen Substanzen des Bodens erst erzeugt wird. —

Fasse ich zum Schlusse die Ergebnisse dieser Arbeit kurz zusammen, so sind es folgende:

1. Der Kohlensäuregehalt des Wassers ist in verschiedenen Tiefen eines und desselben tiefen Brunnens verschieden und nimmt von unten nach oben ab.
2. Gepumptes Wasser differirt im Kohlensäuregehalte von dem geschöpften aus demselben Brunnen, wenn das Schöpfwasser von der Oberfläche stammt; dagegen zeigen gepumptes und aus der Tiefe geschöpftes Wasser genügend übereinstimmenden Gehalt an Kohlensäure.
3. Eine Beziehung zwischen der Kohlensäure des Wassers und dem Grundwasserstande ist nicht ersichtlich; dagegen
4. steigt die Kohlensäure des Wassers, wenn das Barometer fällt, und umgekehrt.
5. Unter besonderen Umständen (Eindringen von Tagwässern, verunreinigende Zuflüsse zu den unteren Schichten?) kann das Wasser eines und desselben Brunnens in der Tiefe und an der Oberfläche einen verschiedenen Chlorgehalt zeigen.
6. Mit dem Steigen des Grundwassers scheint in den Prager Brunnen auch die Chlormenge zu steigen.
7. Die Schwankungen im Gehalte des Wassers an Chlor und Kohlensäure zeigen zu wenig Uebereinstimmung, als dass man die letztere als Maassstab für die Verunreinigung des Wassers gebrauchen könnte.

Resultate von Versuchen über die Einwirkung der Wärmestrahlen der Sonne auf die Hauswandungen.

Von

Adolf Vogt

in Bern.

Die theoretischen Betrachtungen, welche ich „über die Richtung städtischer Strassen nach der Himmelsgegend etc.“ in Bd. 15 S. 319 dieser Zeitschrift angestellt habe, mussten zu praktischen Versuchen auffordern. Sie bedurften um so mehr der experimentellen Bestätigung, als gerade die Fragen der Wärmemittheilung, -leitung und -strahlung wegen der Schwierigkeit der Erforschung noch einen sehr schwachen Punkt unserer physikalischen Kenntnisse ausmachen. Da sich Mathematiker und Physiker von Fach selten an die Lösung praktischer hygienischer Fragen heran machen, wenn sie auch wie die hier angeregte zu einer solchen drängen, so muss sich eben der Hygieniker so gut es geht selbst zu helfen suchen. Es war mir daher auch ein persönliches Bedürfniss, meine theoretischen Anschauungen durch das Experiment zu controliren und durch dieses allfällige mathematische oder physikalische Fehler aufzudecken und zu redressiren.

Ich liess mir zu dem Behufe folgenden Apparat construiren.

Die Marmorhandlung der Herren Gebrüder Pfister in Rorschach (und München) hatte die Güte, mir in ihrer Marmorsäge einen Block Molassesandstein aus dem bekannten Steinbruch von Ostermundigen bei Bern (Director Jenzer) in dünne Platten sägen zu lassen. Die drei zu dem Apparat verwendeten haben eine quadratische Form von 51^{cm} Seitenlänge und eine Dicke von nur 14^{mm}. Sie wurden so in einen etwa 10^{cm} breiten Rahmen von Tannenholz gefasst, dass bei der Exposition an die Sonne eine Steinfläche von $0,5 \times 0,5 = 0,25^{qm}$ Ausdehnung den Strahlen derselben ausgesetzt war. An die Rückseite jeder Platte lehnt ein Wassergefäss von dünnem Zinkblech von der gleichen Ausdehnung wie die beschienene Fläche der Steinplatte, dessen Lumen etwa 2^{cm}

in der Dicke misst. Ein Thermometer ragt durch eine entsprechende Hülse hindurch von oben herab und taucht mit seinem Quecksilbergefäss in die obere Schicht des eingegossenen Wassers. Die Rückseite dieses Wassergefässes ist mit einem Polster bedeckt, welches mit $^1/_3{}^{kg}$ gezupfter Kaninchenhaare gefüllt ist. Das Ganze ist bis zum Rahmen in einen hölzernen Kasten von etwa 5^{cm} innerem Querdurchmesser eingeschlossen, in welchem alle Hohlräume sorgfältig mit Kuhhaaren ausgestopft sind.

In dieser Fassung wurden nun die drei Platten etwa 15^{cm} über dem Boden, seitlich verbunden, vertical so aufgestellt, dass eine Platte direct nach Osten, eine nach Süden und die dritte nach Westen gerichtet war. Der Güte meines Herrn Collegen, Prof. Dr. A. Forster, Vorsteher unseres physikalischen Institutes, verdanke ich die Aufstellung des Apparates auf einer sehr günstigen Stelle des hiesigen astronomischen Observatoriums in 0^h 21^m Länge (östlich von Paris), 46^0 57′ geogr. Breite, 574^m über dem Meeresniveau und vollständig unberührt von irgend Schatten umliegender Gegenstände. In dem Schatten des zwischen den drei Kasten befindlichen Hohlraumes ist das Thermometer zur Messung der Luftwärme aufgehängt, und in geringer Entfernung davon befindet sich das später zu erwähnende Aktinometer des meteorologischen Institutes auf der Sternwarte.

Was das Material der Steinplatten anbelangt, so entnehme ich den „Beiträgen zu einer Monographie der Molasse“ von Prof. Bernhard Studer (Bern 1825. S. 78 u. f.) folgende Angaben:

Die sog. „gemeine Molasse“ um Bern, welche die Geologen zu den Meeresbildungen der mittleren Tertiärgebilde rechnen, besteht aus eckigen, graulichen Quarztheilchen von durchschnittlich $0{,}1 - 0{,}2^{mm}$ Körnerdicke, welche durch kohlensauren Kalk verbunden sind. In geringer Menge befindet sich darin Feldspath und Hornblende mit thonigem Mörtel. Die Farbe ist bläulich- bis gelblichgrau. Der frisch gebrochene Stein ist durchfeuchtet und ziemlich weich, erhärtet aber an der Luft. Er ist ziemlich hygroskopisch und nimmt $5 - 6\,^0/_0$ seines Gewichtes Wasser auf. Ohne die Poren gerechnet, beträgt sein spec. Gewicht 2,43 — 2,5, mit den Poren 2,17 — 2,22 und durchnässt 2,27 — 2,3. In der Nähe

faulender thierischer Substanzen wandelt sich sein kohlensaurer Kalk in salpetersauren um, welcher zerfliesst und den Stein zum allmählichen Zerfall in Sand bringt. Er wird mit grossem Vortheil als Baustein und selbst zu architektonischen Verzierungen und zur Sculptur benutzt. Fast alle Gebäude der inneren Städte Lausanne, Freiburg, Bern etc. sind aus grösseren Quadern dieses Steines ausgeführt, und er findet auch auf weitere Entfernung hin vielfach bauliche Verwendung.

Wenn der beschriebene Insolationsapparat im Freien der Sonne ausgesetzt bleibt und die Temperatur in den Wassergefässen steigt, so rührt diese Steigerung von der Wärme her, welche durch die Sandsteinplatten durchgedrungen ist und sich dem Wasser mitgetheilt hat. Wir pflegen die Wärmemengen, deren es zur Temperaturerhöhung in einem Körper bedarf, nach Calorien zu messen, indem wir darunter diejenige Wärmemenge verstehen, deren es bedarf, um die Temperatur von 1^{kg} oder Liter Wasser um 1^0 C. zu erhöhen. Für n Liter Wasser bedarf es zu dieser Temperaturerhöhung n Calorien. Steigt in einem der Wassergefässe des Apparates, welches n Liter Wasser enthält, binnen 1 Stunde die Temperatur von t^0 auf t_1^0, so sind binnen dieser Stunde $n(t_1 - t)$ Calorien durch die Steinplatte in das Wasser eingedrungen. Die auf die Steinplatte einwirkende Wärme ist aber von zweifacher Natur: auf der einen Seite theilt ihr die gegen Mittag steigende Temperatur der äusseren Luft und auf der andern Seite die Einwirkung der auffallenden Sonnenstrahlen Wärme mit. Bezeichnet man mit Q die Anzahl Calorien, welche binnen 1 Stunde von der umgebenden Luft der Platte mitgetheilt werden, und mit J die Zahl der Calorien, welche die Insolation liefert, so bestand die gesammte stündliche Wärmemittheilung aus

$$Q + J = n(t_1 - t) \text{ Calorien.}$$

Gelingt die Bestimmung von Q, so giebt uns diese Gleichung alsdann den Werth von J.

Bezeichnet man mit l das Wärmeleitungsvermögen des Sandsteins, d. h. die Anzahl Calorien, welche binnen 1 Stunde durch 1^{cbm} Sandstein hindurchtreten, wenn auf zwei entgegengesetzten Flächen eine Temperaturdifferenz von 1^0 besteht und jeder Wärme-

verlust durch die vier übrigen Flächen des Kubus ausgeschlossen ist, so giebt uns Péclet[1]) die Formel:

$$l = \frac{D}{O(T - t_1)} \cdot Q,$$

in welcher D die Dicke einer gegebenen Platte, O die Flächenausdehnung ihrer Oberfläche, T die erhöhte Temperatur auf deren einer Seite und t_1 diejenige auf der andern Seite ausdrückt. Für unsern Insolationsapparat wäre also, da bei ihm $D = 0{,}014^{\mathrm{m}}$ und $O = 0{,}5 \times 0{,}5 = 0{,}25^{\mathrm{qm}}$ ist:

$$l = 0{,}056 \frac{Q}{(T - t_1)},$$

woraus sich Q berechnen lässt, wenn l bekannt ist. Leider haben wir hierüber nur sehr anfechtbare Angaben. Wüllner[2]) erklärt: „Es lässt sich noch nicht behaupten, dass wir den Werth der Wärmeleitungsfähigkeit auch nur für ein einziges Metall mit Sicherheit kennen"; — und bei schlechten Wärmeleitern, wie z. B. Gesteinsarten, sind wir in dieser Beziehung bekanntlich noch übler bestellt. Wenn wir auch viele treffliche Untersuchungen über das Verhältniss der Wärmeleitung in mannigfachen Gesteinsarten (Emil Less), Baumaterialien (C. Lang) und Hölzern (Tyndall) zu einander besitzen, so geben uns dieselben doch nur Verhältnisszahlen, an welche wir unser Calorienmaass nicht anlegen können, um die Grösse l in Zahlen auszudrücken. Für die Frage, welche uns hier beschäftigt, kann es sich aber um den genauen Werth von l, wie die exacte Physik ihn erstrebt und verlangen muss, auch gar nicht handeln, und wir können uns mit ungefähren Werthen bei deren Lösung begnügen, da wir nur die Wärmeverhältnisse der drei Steinplatten unter einander vergleichen wollen, ohne auf eine genauere Bestimmung der absoluten Werthe Anspruch zu machen. In diesem Sinne möge man daher auch die Verwerthung der folgenden Zahlenangaben beurtheilen.

Péclet, welchem das Verdienst zukommt, zuerst die Bestimmung des absoluten Maasses der inneren Wärmeleitungsfähigkeit für ein Metall (Blei) versucht zu haben, giebt behufs praktischer

1) Mousson's Physik (Zürich 1872) Bd. 2 S. 214.
2) Lehrbuch der Experimentalphysik (3. Aufl. 1875) Bd. 3 S. 288.

Verwendung für Marmor den Werth von $l = 3{,}13$ an. Aus den Verhältnisszahlen von Emil Less[1]) kann man für Sandstein einstweilen darnach den Werth von l auf

$$l = 2{,}89$$

im Durchschnitt veranschlagen. Daraus erhalten wir für unsern Insolationsapparat:

$$Q = \frac{2{,}89}{0{,}056}(T - t_1) = 51{,}6\,(T - t_1).$$

Hier drückt t_1 die Temperatur aus, welche das Wasser im Gefässe im Verlauf einer Stunde durch die zugeleitete Wärme erlangt hat. T bezeichnet jedoch eine constante Temperatur der Wärmequelle, welche während jener Stunde eingewirkt hat. Die Beobachtung giebt aber die Temperaturen der umgebenden Luft im Schatten beim Beginne und beim Abschlusse jener Stunde. Bezeichnet man diese beiden Lufttemperaturen mit ϑ und ϑ_1, so erhalten wir annähernd den Werth von T, wenn wir das Mittel aus jenen nehmen und $T = \frac{\vartheta + \vartheta_1}{2}$ setzen. Drückt man den obigen Coëfficienten 51,6 mit a aus, so erhält man schliesslich:

$$Q = a\left(\frac{\vartheta + \vartheta_1}{2} - t_1\right) \text{ Calorien} \qquad \text{(A}$$

für die von der umgebenden Luft binnen 1 Stunde zu den Wassergefässen durchgedrungene Wärme, und

$$J = n(t_1 - t) - Q \qquad \text{(B}$$

für den von der Insolation herrührenden Antheil daran.

Aus den nachfolgenden Beobachtungsreihen resultirt Q meist als negative Grösse, weil bei Ausschluss der Insolation der Wärmestrom wegen der erhöhten Temperatur in den Wassergefässen sich durch die Platten nach aussen gegen die weniger erwärmte atmosphärische Luft bewegt und abfliesst.

Das laufende Jahr war für die Beobachtung ein recht ungünstiges: gar manche Beobachtungsreihe, welche am Morgen bei einer Atmosphäre von tadelloser Reinheit begann, wurde Nachmittags durch störende Bewölkung in unliebsamer Weise entwerthet, so dass es mir erst am 25. und dann wieder am 29. Juli gelang,

1) Poggendorf's Annalen der Physik, Ergänzung VIII S. 517.

ohne Störung ganze Tagesreihen stündlicher Beobachtungen zu erlangen. Ich brauche kaum zu bemerken, dass die angegebenen Wärmegrade dem hunderttheiligen Thermometer angehören. Um ein Maass für die Stärke der jeweiligen Insolation zu haben, wurde gleichzeitig ein Herschel'sches Aktinometer beobachtet, wie es auf dem meteorologischen Observatorium von Montsouris bei Paris in Gebrauch und in dessen „Annuaire pour l'an 1877" (p. 300) abgebildet ist. Es besteht bekanntlich aus zwei empfindlichen Quecksilberthermometern, welche 1^m über Grasboden in unmittelbarer Nähe von einander so aufgestellt sind, dass die kugligen Quecksilbergefässe immer mit einer vollen Hälfte den Sonnenstrahlen ausgesetzt sind und von keinem Schatten umliegender Gegenstände getroffen werden. Das Gefäss des einen ist sorgfältig mit Lampenruss geschwärzt, während dasjenige des andern seinen glänzenden Quecksilberspiegel zeigt. Beide sind in dünne Glashülsen eingeschlossen, in welchen ein luftleerer Raum das Thermometer umgiebt. Da man auf dem Montsouris unter Aktinometergraden die Temperaturdifferenz dieser beiden der Sonne ausgesetzten Thermometer versteht, so habe ich dieselben auf den folgenden Tafeln in der Colonne: $(\tau - \tau_1)$ aufgeführt, daneben aber auch die Temperaturdifferenzen zwischen dem berussten Thermometer und demjenigen im Schatten ausgesetzt, weil dieselben ein prägnanteres Bild von der Intensität der Insolation geben.

Bevor ich nun die Beobachtungsresultate vorführe, muss ich wohl auch noch der Mängel des Apparates Erwähnung thun, welche bei weiterer Benutzung einer Reform bedürfen. Vor allem ergaben sich nach der Füllung desselben die Blechgefässe als zu nachgiebig unter dem Drucke ihres Inhaltes, so dass der letztere nach jeder Beobachtungsreihe durch Messung des abgelassenen Wassers verificirt werden musste. Jedoch fand ich sowohl am 25. wie am 29. Juli identisch als

Inhalt des Gefässes hinter der Ostwand = 9,3 Liter Wasser
„ „ „ „ „ Südwand = 10,4 „ „
„ „ „ „ „ Westwand = 10,6 „ „

welche Maasse bei der Berechnung als n in die obige Formel eingeführt wurden. Als bedenklicher mag aber der Mangel eines

Rührapparates in den Wassergefässen angesehen werden. Péclet fand nämlich bei seinen calorimetrischen Versuchen, dass bei Abschluss zweier verschieden warmer Wassermengen durch eine Metallplatte der Austausch der differenten Temperaturen sich durch dieselbe viel schwieriger machte, wenn die Wassermengen unbewegt blieben, und dass man nur dann für das Leitungsvermögen der Metallplatte richtige Verhältnisse erlange, wenn man durch einen Rührapparat permanent die an den Metallflächen befindliche Wasserschicht wegfege und gleichzeitig die ganze Wassermasse in Bewegung erhalte. Er schloss aus diesem Verhalten auf das Ankleben einer gewissen immobilen Wasserschicht an dem Metall, welches eine weit höhere Leitungsfähigkeit als das Wasser besitzt. Péclet stellte seine Metallplatte horizontal und brachte mit ihr von unten das wärmere Wasser, von oben das kühlere in Berührung. Ob bei meinem Insolationsapparat die senkrechte Stellung der Platten beim Eindringen der Wärme von der Seite nicht eine activere Umwälzung der Wassermengen in den Gefässen bewirkt und theilweise wenigstens einen Rührapparat entbehrlich macht, muss ich einstweilen dahingestellt sein lassen; ebenso die Frage, ob die Thermometer, welche nur in die oberste Wasserschicht in den Blechgefässen eintauchten, bei jener Bewegung des Wassers wirklich auch dessen durchschnittliche Temperatur angaben. Da aber bei den drei zusammengefügten Apparaten die besprochenen Mängel dieselben waren, so darf man erwarten, dass die Beobachtungen wenigstens annähernd das Verhältniss der Wärmebewegung in den einzelnen Platten zu einander richtig wiedergeben werden. Die Erforschung der absoluten Bewegungsgrössen der Wärme, welche ungewöhnliche Schwierigkeiten darbietet, müssen wir einstweilen noch von weiteren Fortschritten der exacten Experimentalphysik erwarten. Schliesslich bemerke ich noch, dass für die Beobachtung im Winter bei niedereren Culminationshöhen der Sonne das Wasser im Apparat des Gefrierens wegen durch Alkohol zu ersetzen sein wird, welcher in seinem Wärmeleitungsvermögen wenig vom Wasser differirt.

Die beiden folgenden Tabellen geben nun die Beobachtungen vom 25. und 29. Juli von Stunde zu Stunde, beginnend

mit dem Auffallen der ersten Sonnenstrahlen am Morgen, welches wegen unseres durch Gebirgsketten erhöhten Horizontes etwas später als der astronomische Sonnenaufgang erfolgte.

Beobachtungen vom 25. Juli 1879.

Tagesstunde	Thermometer			Temperaturdifferenzen		Temperaturen in den Wassergefässen des Insolationsapparates		
	(ϑ) frei im Schatten	(τ) berusst (im Vacuum) an der Sonne	(τ_1) nicht berusst (im Vacuum) an der Sonne	($\tau - \tau_1$)	($\tau - \vartheta$)	Ostwand	Südwand	Westwand
4 2/3 Uhr	10,3°	8,4°	8,4°	0,0°	— 1,9°	t = 12,7°	12,7°	13,3°
5 „ [1])	10,7	14,8	10,4	4,4	4,1	13,0	12,6	13,7
6 „	12,0	22,4	12,6	9,8	10,4	15,4	13,2	13,6
7 „	15,7	30,4	14,9	15,5	14,7	21,1	14,9	14,8
8 „	19,2	35,8	20,5	15,3	16,6	26,2	16,6	18,3
9 „	20,6	40,6	26,0	14,6	20,0	30,3	20,0	21,7
10 „	22,0	43,5	28,8	14,7	21,5	32,8	23,5	23,7
11 „ [1])	23,0	45,3	31,0	14,3	22,3	33,4	27,2	24,6
12 „ [1])	25,7	46,2	32,0	14,2	20,5	32,8	30,1	25,6
1 „ [2])	25,7	46,4	32,7	13,7	20,7	32,7	33,0	26,4
2 „ [2])	26,0	46,2	33,2	13,0	20,2	32,6	35,1	28,5
3 „ [2])	27,2	44,4	33,1	11,3	17,2	33,0	36,2	32,5
4 „	27,6	41,0	32,3	8,7	13,4	32,8	35,5	37,0
5 „	26,5	31,7	30,2	1,5	5,2	31,4	34,0	39,8
6 „	24,7	22,7	21,4	1,3	— 2,0	29,1	31,7	40,3
7 „	23,0	20,2	19,5	0,7	— 2,8	29,7	29,0	38,3

Beobachtungen vom 29. Juli 1879.

Tagesstunde	(ϑ)	(τ)	(τ_1)	($\tau - \tau_1$)	($\tau - \vartheta$)	Ostwand	Südwand	Westwand
4 3/4 Uhr	9,3°	9,1°	8,6°	0,5°	— 0,2°	t = 12,1°	11,7°	13,3°
5 „	9,7	14,7	10,4	4,3	5,0	12,1	11,8	13,1
6 „	12,1	25,2	13,8	11,4	13,1	12,4	13,0	13,7
7 „	15,0	27,4	15,2	12,2	12,4	21,1	14,4	14,7
8 „	18,0	36,4	21,5	14,9	18,4	26,4	16,7	18,1
9 „	21,3	42,7	26,0	16,7	21,4	31,7	21,2	22,0
10 „	21,9	44,4	29,3	15,1	22,5	34,0	23,6	21,2
11 „	24,3	46,1	31,4	14,7	21,8	34,8	28,0	22,7
12 „	26,1	47,2	32,7	14,5	21,1	34,2	31,0	24,5
1 „	27,1	47,5	33,4	14,1	20,4	33,0	33,6	26,0
2 „	28,7	46,2	34,1	12,1	17,5	32,3	36,4	29,0
3 „	29,0	45,4	34,4	11,0	16,4	32,0	37,4	32,8
4 „	28,2	41,7	33,2	8,5	13,5	30,5	37,2	37,7
5 „	27,5	38,7	31,2	7,5	11,2	29,2	35,8	41,8
6 „	27,3	24,3	23,2	1,1	7,0	28,0	34,0	44,0
7 „	25,6	20,7	20,2	0,5	— 4,9	26,7	31,2	44,0

1) Ganz leichter Nebelschleier vor der Sonne.

2) Nur hie und da etwas gedämpftes Sonnenlicht.

Berechnet man nun aus diesen Angaben mittelst der auf S. 609 gegebenen Formeln A und B die Wärmemengen, welche jeweilen im Verlauf einer Stunde durch jede der drei Sandsteinplatten hindurchgetreten sind, so ergeben sich die auf den folgenden zwei Tafeln verzeichneten Resultate.

Aus den Beobachtungen vom 25. Juli 1879 berechnet.

Tagesstunde	Ostwand		Südwand		Westwand	
	$Q+J$	J	$Q+J$	J	$Q+J$	J
5— 6 Uhr . .	22	231	15	110	— 1	115
6— 7 „ . .	53	427	18	— 37	13	62
7— 8 „ . .	47	499	18	62	37	81
8— 9 „ . .	38	575	35	41	36	129
9—10 „ . .	23	617	36	150	21	145
10—11 „ . .	6	568	38	281	10	118
11—12 „ . .	— 6	430	30	327	11	75
12— 1 „ . .	— 1	360	30	407	8	45
1— 2 „ . .	— 1	347	22	499	22	159
2— 3 „ . .	4	334	11	507	42	347
3— 4 „ . .	— 2	277	— 7	411	48	543
4— 5 „ . .	— 13	211	— 16	343	30	687
5— 6 „ . .	— 21	159	— 24	291	5	764
6— 7 „ . .	6	307	— 28	238	— 21	724
Summa	155	5342	148	3630	261	3994

Aus den Beobachtungen vom 29. Juli 1879 berechnet.

Tagesstunde	Ostwand $Q+J$	Ostwand J	Südwand $Q+J$	Südwand J	Westwand $Q+J$	Westwand J
5— 6 Uhr . .	3	80	12	121	6	151
6— 7 „ . .	81	470	15	58	11	70
7— 8 „ . .	43	554	24	34	36	119
8— 9 „ . .	43	665	47	127	41	163
9—10 „ . .	21	661	25	128	— 8	— 29
10—11 „ . .	7	611	46	299	16	— 5
11—12 „ . .	— 6	459	30	329	19	— 17
12— 1 „ . .	11	342	27	388	16	— 15
1— 2 „ . .	— 7	221	29	468	32	89
2— 3 „ . .	— 3	160	10	452	40	244
3— 4 „ . .	— 14	84	— 2	442	52	521
4— 5 „ . .	— 12	58	— 15	396	43	763
5— 6 „ . .	— 11	20	— 19	322	23	880
6— 7 „ . .	— 12	1	— 29	216	0	906
Summa	144	4386	200	3780	327	3840

Da die Stärke der Insolation zum Theil nur von dem Winkel der einfallenden Strahlen abhängt, zum andern Theil aber von

ihrer absoluten Zunahme gegen Mittag, wie dies das Aktinometer angiebt, so wäre es von Wichtigkeit, den Werth von jedem dieser beiden Factoren bestimmen zu können. Der erstere Factor entzieht sich nämlich jeder menschlichen Einwirkung, während wir den Einfluss, der von dem Einfallswinkel der Strahlen abhängt, bis zu einem gewissen Grade durch die Stellung beherrschen können, welche wir den Hauswandungen in Beziehung zur Himmelsgegend willkührlich verleihen können. Hierüber geben uns aber nun die obigen Beobachtungen und die daraus resultirenden Berechnungen einen höchst bedeutsamen Fingerzeig. Summirt man nämlich die Calorien, welche im Verlauf eines Tages durch jede der drei Wandungen hindurchgegangen sind, so stellt sich in beiden Beobachtungsreihen identisch das unerwartete Resultat heraus, dass die Südwand am wenigsten Insolationswärme aufgenommen hatte, obgleich sie doppelt so lang den Sonnenstrahlen ausgesetzt war als die Ost- und Westwand, und obgleich zur Zeit der günstigsten Winkelstellung der Strahlen auf ihrer Oberfläche, nämlich um Mittag, die Kraft der Insolation ihre Tageshöhe erreicht hatte. Es verhielt sich nämlich die durch die Ostwand während etwa 14 Stunden durchgedrungene Wärme O, welche von einer 7stündigen Bescheinung herrührte, zu der gleichen Wärme der Westwand W und schliesslich zu der Wärmemenge S der Südwand, welche von einer 12stündigen Bescheinung binnen etwa 13 Stunden in das Wassergefäss eingedrungen war,

am 25. Juli wie:

$$O : W : S = 100 : 75 : 68,$$

und am 29. Juli wie:

$$O : W : S = 100 : 88 : 86.$$

Es ergiebt sich daraus klar, dass bei Hauswandungen, welche den vier Himmelsrichtungen zugekehrt sind, der Einfluss des Auffallwinkels der Sonnenstrahlen auf dieselben denjenigen der absoluten Insolationsstärke zu den verschiedenen Tagesstunden übertrifft. Einmal dies festgestellt, kann es nicht überraschen, wenn das Spiel der Insolation auf der horizontalen Bodenfläche gerade umgekehrt erscheint wie dasjenige an verticalen Wandungen, an welchen der Sinus des Winkels, den der Sonnenstrahl mit dem Boden bildet,

zu seinem Cosinus wird. Der Erdboden wird am meisten durch die Mittagsonne erwärmt und am wenigsten durch die Morgensonne, während der Abend hier die Mittelstellung einnimmt: das letztere gilt auch für die verticale Westwand eines Gebäudes, während hier aber umgekehrt die Südwand weniger von der Sonne erwärmt wird, die Ostwand hingegen das Maximum der Insolationswärme aufnimmt. So sehr dies unserer gewohnten Anschauungsweise widerspricht, welche die erhöhte Mittagswärme der Atmosphäre unwillkürlich auch auf die Wärmeverhältnisse in den Hauswandungen überträgt, so wird man sich hierin doch, trotz des paradoxen Anstriches, der directen Beobachtung beugen und die Umkehr jenes Erwärmungsverhältnisses von Boden und Luft, wie sie sich an unsern Hauswänden kundgiebt, anerkennen müssen. Man könnte mir mit Recht einwerfen, dass jene Beobachtungen in die Nähe des längsten Tages fallen, wo die Höhe der Sonnenculmination dem Einfallswinkel der Strahlen ein grösseres calorimetrisches Uebergewicht gegenüber der absoluten Insolationsstärke verleiht, und dass dies Verhältniss sich zur Zeit des kürzesten Tages wohl umkehren dürfte. Allein gegen diesen Zeitpunkt hin fällt, nach den aktinometrischen Angaben des Montsouris[1]), die Stärke der Insolation in viel grösserem Maasse als die Länge der Sinus der betreffenden Einfallswinkel abnimmt, so dass mit grosser Wahrscheinlichkeit anzunehmen ist, dass sich auch um die Zeit des kürzesten Tages herum das obige Verhältniss geltend mache. Uebrigens wird diese Frage erst durch entsprechende Beobachtungen im Winter ihrer directen Lösung zugeführt werden können.

Man erlaube mir nun, aus dieser Thatsache einige praktische hygienische Consequenzen zu ziehen.

Bei einem freistehenden Gebäude von quadratischem Grundriss mag es ziemlich gleichgültig sein, welchen Himmelsrichtungen man seine Umfassungsmauern zukehrt. Sobald man aber ein solches mit ungleichen Längen- und Breitendimensionen planirt oder gar an den Bau von ganzen Häuserreihen mit sehr entwickelter Längenachse denkt, wirft in unserm gemässigten Klima mit seinen langen und strengen Wintern jenes Insolationsverhältniss ein schweres hy-

1) Annuaire pour l'an 1877 p. 305.

gienisches Gewicht in die Wagschale. Ich denke dabei weit weniger an die Ersparniss von Heizmaterial durch bessere Ausnutzung der Sonnenwärme bei unsern Bauanlagen, da wir mit demselben in unsern gebräuchlichen Heizapparaten aus Unverstand leider noch eine unverantwortliche Verschwendung treiben und durch eine verbesserte Heiztechnik eine weit grössere Ersparniss in dieser Beziehung erzielen könnten als durch die rationellste Benutzung der Sonnenwärme. Hingegen habe ich vielmehr das physikalische Verhalten des Baumateriales unter der Einwirkung der Sonne dabei im Auge, dessen sanitarische Einflüsse uns erst durch die bahnbrechenden Arbeiten Pettenkofer's in ihrer wahren Gestalt zur Erkenntniss gekommen sind. Ich habe es bereits in meiner früheren Arbeit[1]) als eine hygienische Forderung hingestellt, den Gebäuden und besonders den Gebäudereihen eine meridionale Stellung zu geben, um allen Bewohnern ein gleiches Maass der Insolation zu gewähren, und die Bedingungen klar gelegt, unter welchen dies geschehen kann. Ich habe dabei gezeigt, wie schon eine verhältnissmässig geringe Abweichung von jener Richtung die Zustände hervorruft, welche einem äquatorialen Lauf von Strassen und Häuserreihen zukommen. Es kann sich daher hier nicht mehr darum handeln, die Erwärmungsverhältnisse der Häuser durch die Sonne in allen Richtungen der Windrose zu verfolgen, sondern nur um die Gegenüberstellung rein meridionaler Häuserreihen gegenüber direct äquatorialen in dieser Beziehung. Nun bin ich in der gleichen Arbeit bloss auf theoretischem Wege schon zu dem Schlusse gekommen, dass bei Gebäuden die Süd- und Nordfront zusammengenommen weniger Sonnenwärme aufnehmen als die beiden andern Hausflächen, auch wenn die Südseite für sich allein vielleicht höher temperirt werden sollte als die Ost- oder Westseite, dass also bei den Anlagen menschlicher Wohnungen die Entwicklung der meridionalen Achse zu befürworten sei. Die Beobachtungen vom 25. und 29. Juli bestätigen nun nicht nur jenen Schluss, sondern ergeben sogar das unerwartete Resultat, dass eine Südfront im Verlauf eines Tages absolut weniger Sonnenwärme aufnimmt als eine Ost- oder Westfront, so dass, wenn wir die nicht beschienene

1) Diese Zeitschrift Bd. 15 S. 319.

Nordfront mit in Betracht ziehen, jene Erwärmungsverhältnisse durch die Beobachtung sich weit ungleicher darstellen, als sich a priori denken liess.

Ueberträgt man z. B. die Insolationsverhältnisse, wie sie sich am 25. Juli an meinem Apparate darboten, auf eine Strasse von 300^m Länge, deren Breite 30^m beträgt und welche beiderseits von 20^m hohen Häuserreihen abgegrenzt wird, so werden sich folgende Wärmemengen für den ungünstigsten Tag des Jahres, nämlich den kürzesten am 21. December, und für eine 4stündige Insolationszeit per Tag ergeben[1]), je nachdem man sich dieselbe in meridionaler oder äquatorialer Stellung denkt.

a) Bei meridionaler Strassenrichtung (geogr. Br. von Bern).

Aus den in der früheren Arbeit gegebenen Formeln lässt sich berechnen, dass um 10 Uhr Morgens, resp. 2 Uhr Abends, der Schatten an der beschienenen Hausfläche $4{,}41^m$ heraufsteigt und 52^m hinter der südlichen Kante der Häuserreihen beginnt, also ein Schatten von $229{,}2^{qm}$ Fläche. Es käme dies einer durchschnittlichen Beschattung von $\frac{1}{2} \times 229{,}2 = 114{,}6^{qm}$ Fläche gleich, so dass sich effectiv die beschienene Häuserfläche jederseits auf $20 \times 300 - 114{,}6 = 5885{,}4^{qm}$ ausdehnen würde. Sieht man von der irrelevanten Insolation der beiden Stirnfronten nach Nord und Süd ab, so betrug also die ganze während 4 Stunden beschienene Hausfläche einer Gebäudereihe $2 \times 5885{,}4 = 11\,770{,}8^{qm}$.

b) Bei äquatorialer Strassenrichtung

ergiebt die gleiche Rechnung, dass von den beiden Längsfronten, im Ganzen von $12\,000^{qm}$ Fläche, binnen der 4 Mittagstunden nur $4392{,}3^{qm}$ zur Bescheinung durch die Sonne gelangen.

Nimmt man nun z. B. aus den Beobachtungen vom 25. Juli die Anzahl der Calorien, welche während jener 4 Insolationsstunden durch die einzelnen Platten durchgegangen waren, und multiplicirt sie mit den betreffenden Flächenausdehnungen der exponirten Hauswandungen, so ergiebt sich, dass sich die Gesammtmenge der von der ganzen Häuserreihe aufgenommenen Sonnen-

1) Siehe diese Zeitschrift Bd. 15 S. 324.

wärme bei äquatorialer Stellung zu derjenigen bei meridionaler Stellung verhält wie

1:3,7

d. h. also: jene von Ost nach West laufende Strasse von den angegebenen Dimensionen und in der geographischen Breite von Bern **würde bei einer direct meridionalen Richtung an Sonnentagen zwischen 10 und 2 Uhr ihren Häuserreihen mindestens eine 2,7mal grössere beschienene Wandfläche und eine 3,7mal grössere Menge von Sonnenwärme** verschafft haben, und zwar in **gleichmässigerer** und **gerechterer Vertheilung unter die Bewohnerschaft.** Der sanitarische und nationalökonomische Werth dieses Verhältnisses springt in die Augen.

Ueber Hippursäurebildung im thierischen Organismus.

Von

H. Weiske.

Im 3. Bande der Zeitschrift für physiologische Chemie S. 321 theilt W. v. Schröder Versuche über Hippursäurebildung im thierischen Organismus mit, nach denen er, entgegen den von mir u. A. gemachten Beobachtungen[1]), zu dem Resultat gelangt, dass auch bei Fütterung von solchen Substanzen, aus denen an und für sich keine Hippursäure gebildet zu werden vermag (Bohnen, Kartoffeln), Benzoësäure zum grössten Theil in Hippursäure übergeführt wird und als solche im Harn wiedererscheint.

Da, wie v. Schröder sehr richtig bemerkt, die Möglichkeit einer Verwechslung von Benzoësäure und Hippursäure ausgeschlossen werden muss und die von uns aus dem Harn abgeschiedene stickstofffreie Säure der jedesmaligen Bestimmung ihrer Acidität gemäss zweifellos Benzoësäure war, so erinnert v. Schröder zur Erklärung der entgegengesetzten Resultate beider Versuche an die Beobachtung Lehmann's, nach der kleine Mengen faulenden Harns zu frischem hippursäurehaltigen gesetzt und eingedampft eine Zersetzung der

---

1) Zeitschrift f. Biologie Bd. 12 S. 241.

Hippursäure herbeiführten, so dass, falls die Reinigung des Harntrichters und der Harnflasche nicht täglich sorgfältig vorgenommen würde, es nicht unwahrscheinlich wäre, dass sich Fermente bildeten, die eine Spaltung der Hippursäure herbeiführen könnten. Da nun aber eine derartige Reinigung der Harntrichter mit destillirtem Wasser und der Harnflasche mit Salzsäure bei unseren Versuchen stets stattgefunden hat und ausserdem unser Versuchshammel während des langen, 81tägigen Zeitraumes (vom 7. März bis zum 26. Mai) stets die seinem jedesmaligen Futter entsprechende normale Hippursäuremenge lieferte, also keine Zersetzung derselben durch Fermente eingetreten war, dagegen in der kurzen, 12tägigen Versuchsperiode (vom 7. bis 18. September) bei Fütterung von Bohnen, Kartoffeln und Benzoësäure nur letztere, aber keine Hippursäure im Harn ausschied, so dürfte die von v. Schröder oben versuchte Erklärung für die entgegengesetzten Resultate beider Versuche wohl nicht zutreffend sein.

Auf meine Veranlassung und unter meiner Leitung hat Herr Dr. B. Dehmel auf hiesigem Institut in der bereits früher angegebenen Weise[1]) nochmals einen Hammel mit Bohnen und Kartoffeln unter Beigabe von Benzoësäure gefüttert und wurde diesmal, analog den Resultaten v. Schröder's, nicht Benzoësäure, sondern Hippursäure im Harn des Versuchsthieres gefunden.

Es scheint demnach festzustehen, dass auch bei Fütterung solcher Substanzen, welche an und für sich nicht hippursäurebildend wirken (Kartoffeln, Bohnen), Benzoësäure durch den thierischen Organismus in Hippursäure übergeführt werden kann, jedoch mit dem Unterschied, dass die Hippursäurebildung in solchen Fällen bald eine mehr oder weniger vollständige ist (wie z. B. in v. Schröder's Versuchen, wo bei Kartoffelfütterung 22,9 % der eingeführten Benzoësäure als solche, aber bei Kartoffel- und Bohnenfütterung nur 2,7 % unverändert im Harn wiedererschien), bald ganz unterbleiben kann (wie z. B. bei unseren früheren Versuchen, in denen die eingeführte Benzoësäure unverändert zum grossen Theil im Harn wieder aufgefunden wurde).

---

1) a. a. O. S. 263.

Wennschon nun hierbei die Art des Futters, wie sowohl aus unseren als auch aus v. Schröder's Versuchen hervorgeht, einen gewissen Einfluss ausübt, so genügt derselbe doch nicht, die in der oben angegebenen Richtung beobachteten Unterschiede zu erklären. Weit zutreffender dürfte es sein, diese Verschiedenheiten auf die Individualität der Thiere und besonders auf deren jeweiligen, vielleicht nicht ganz normalen Zustand zurückzuführen. In der That haben Jaarsveld und Stokvis bei ihren Untersuchungen über den Einfluss von Nierenaffectionen auf die Bildung von Hippursäure gefunden[1]), dass unter gewissen pathologischen Zuständen, aber auch bei gesunden Individuen (Kaninchen mit unversehrten Nieren) die genossene Benzoësäure bald als solche oder zum Theil als solche, bald als Hippursäure im Harn auftritt, und dass bei derartigen Individuen, bei denen Benzoësäure nicht oder nicht vollständig in Hippursäure übergeführt wird, bisweilen auch eine Zerlegung der eingeführten Hippursäure stattfinden kann.

Die in unseren früheren Versuchen beim Hammel unter gewissen Umständen beobachtete unveränderte Ausscheidung der eingeführten Benzoësäure, resp. die Zerlegung der Hippursäure darf demnach wohl nicht als eine allgemeine, sondern nur als eine unter speciellen, vielleicht sogar abnormen Zuständen auftretende Eigenschaft des thierischen Organismus aufgefasst werden.

1) Archiv f. exp. Path. Bd. 10 S. 268.

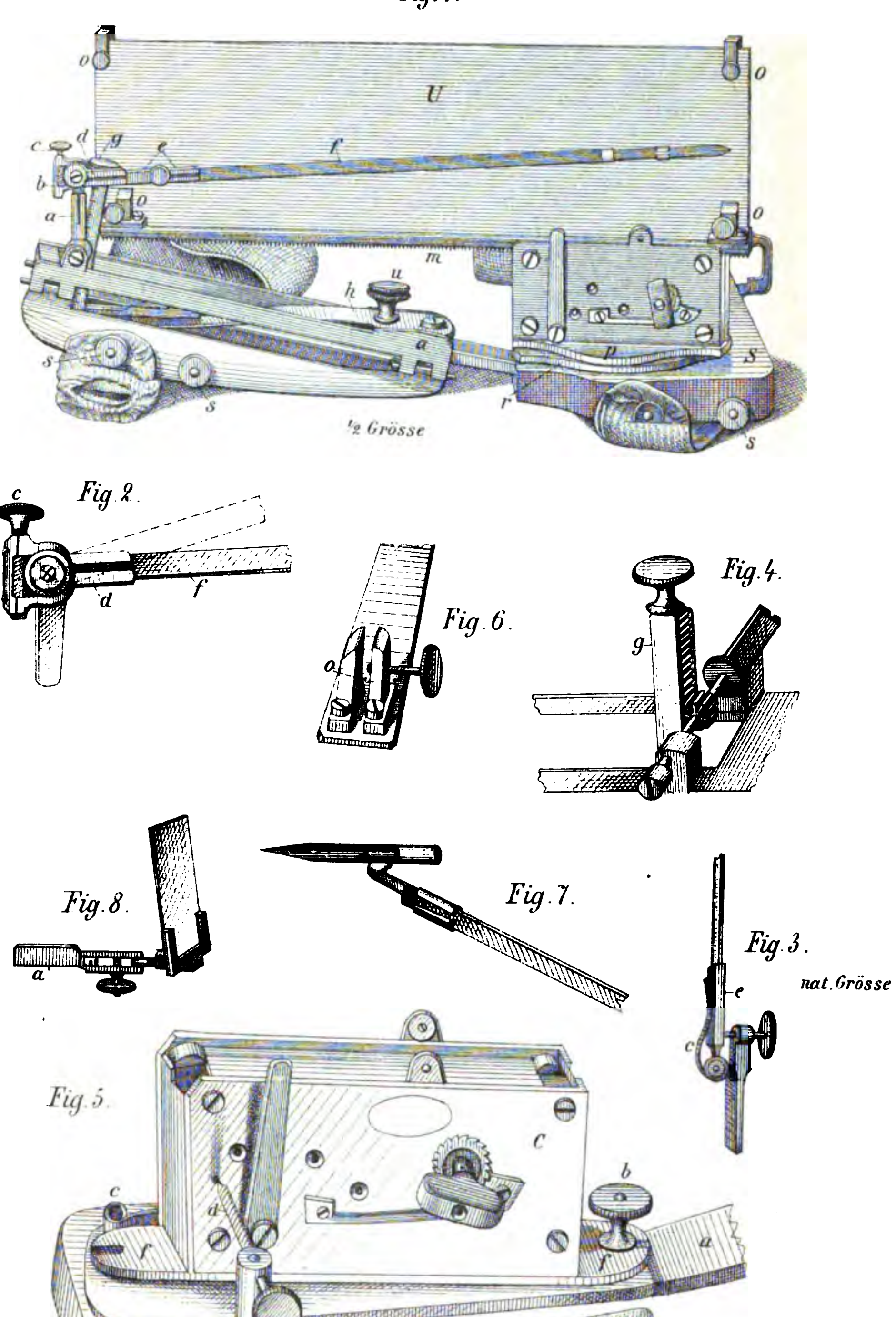

Fig. 1.
U
o
c
d
g
e
f
b
a
m
u
h
s
p
r
½ Grösse
Fig. 2.
Fig. 6.
Fig. 4.
Fig. 8.
Fig. 7.
Fig. 3.
nat. Grösse
Fig. 5.
C

Fig. 3.

Fig. 6.

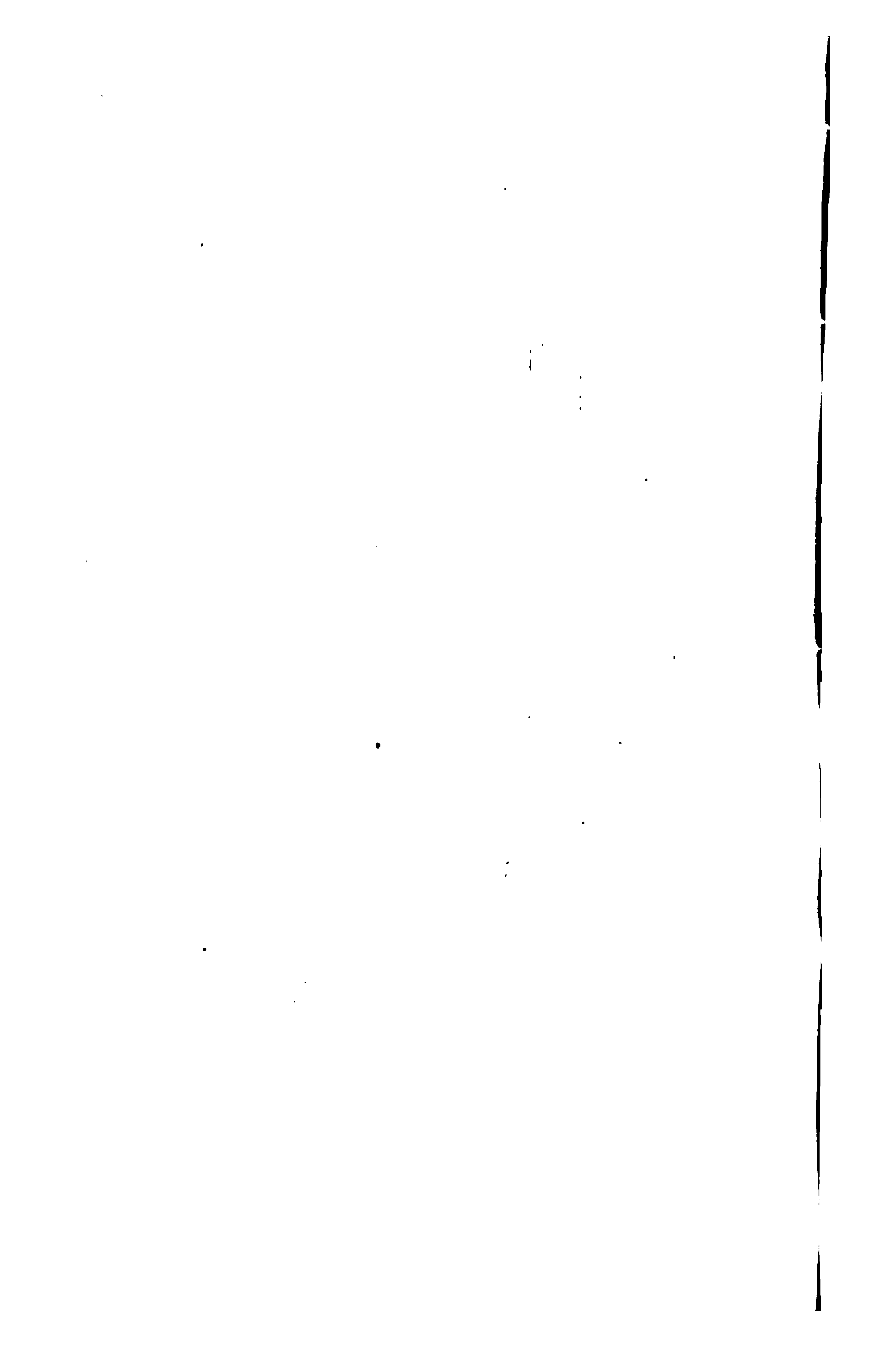
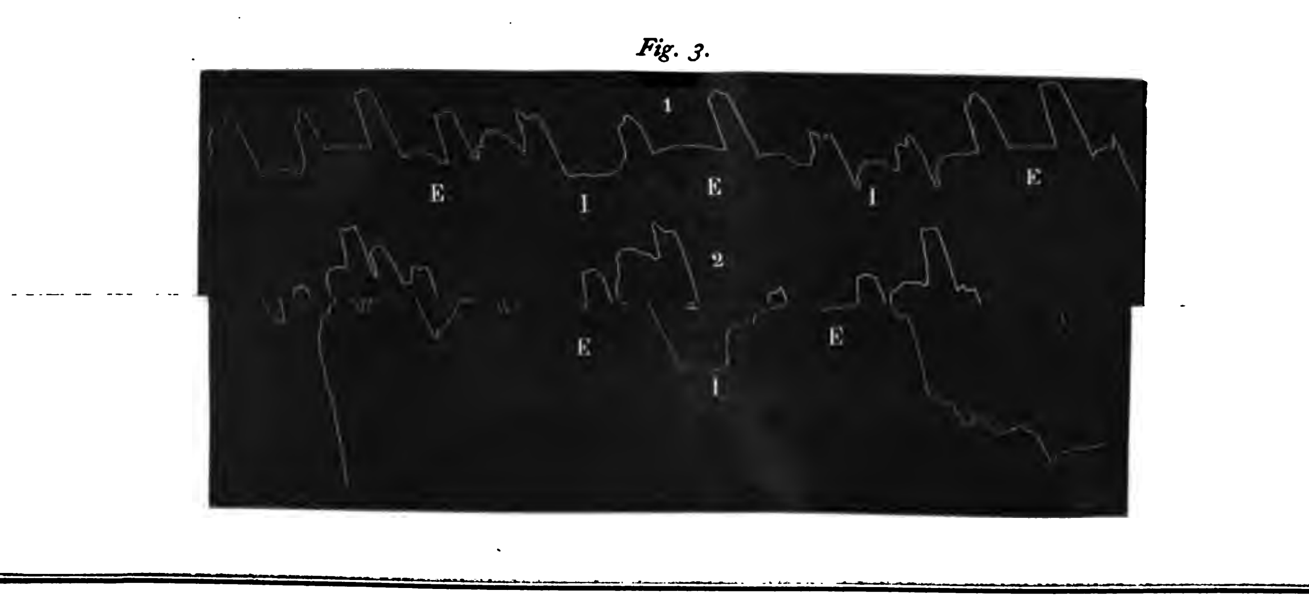
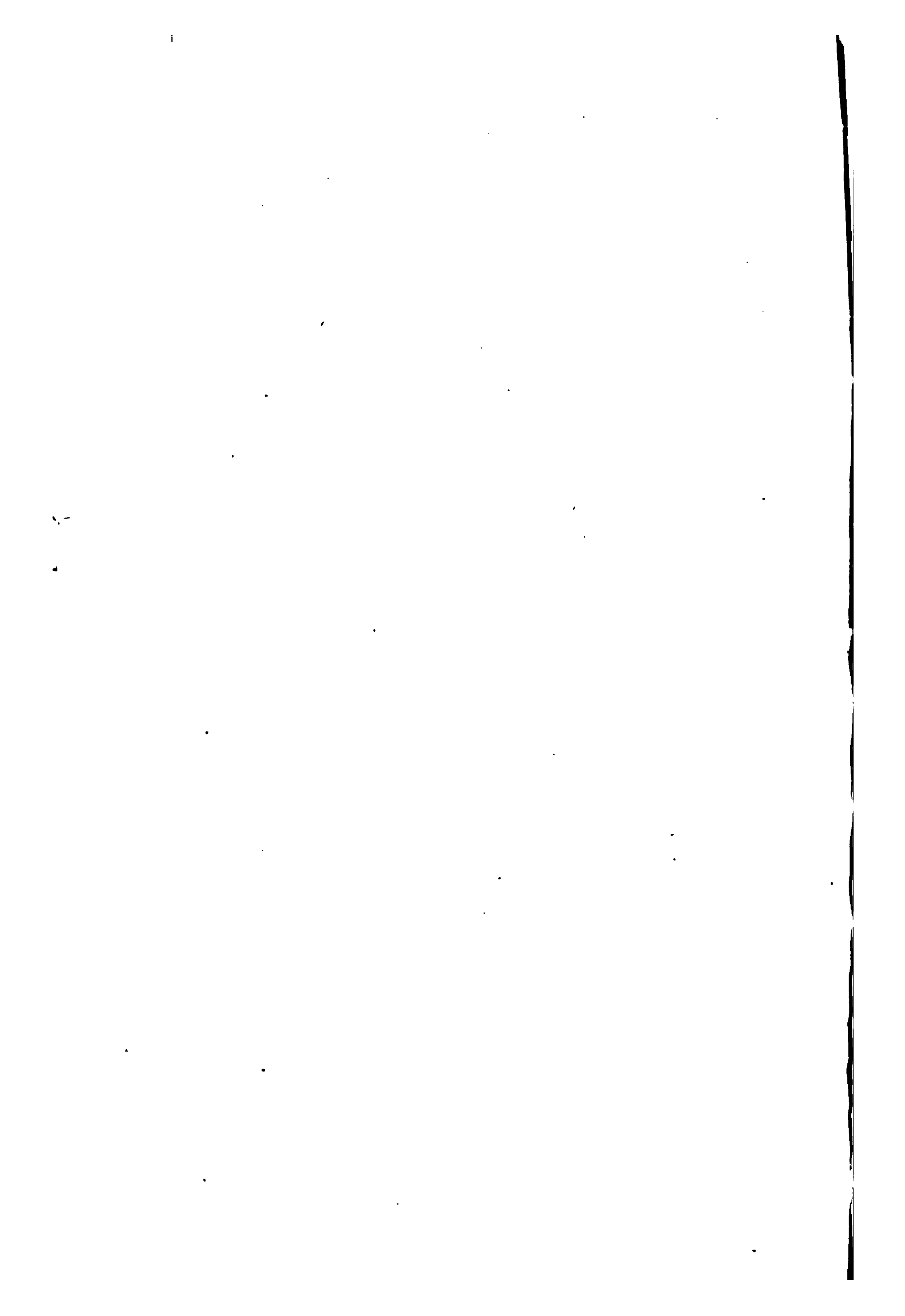


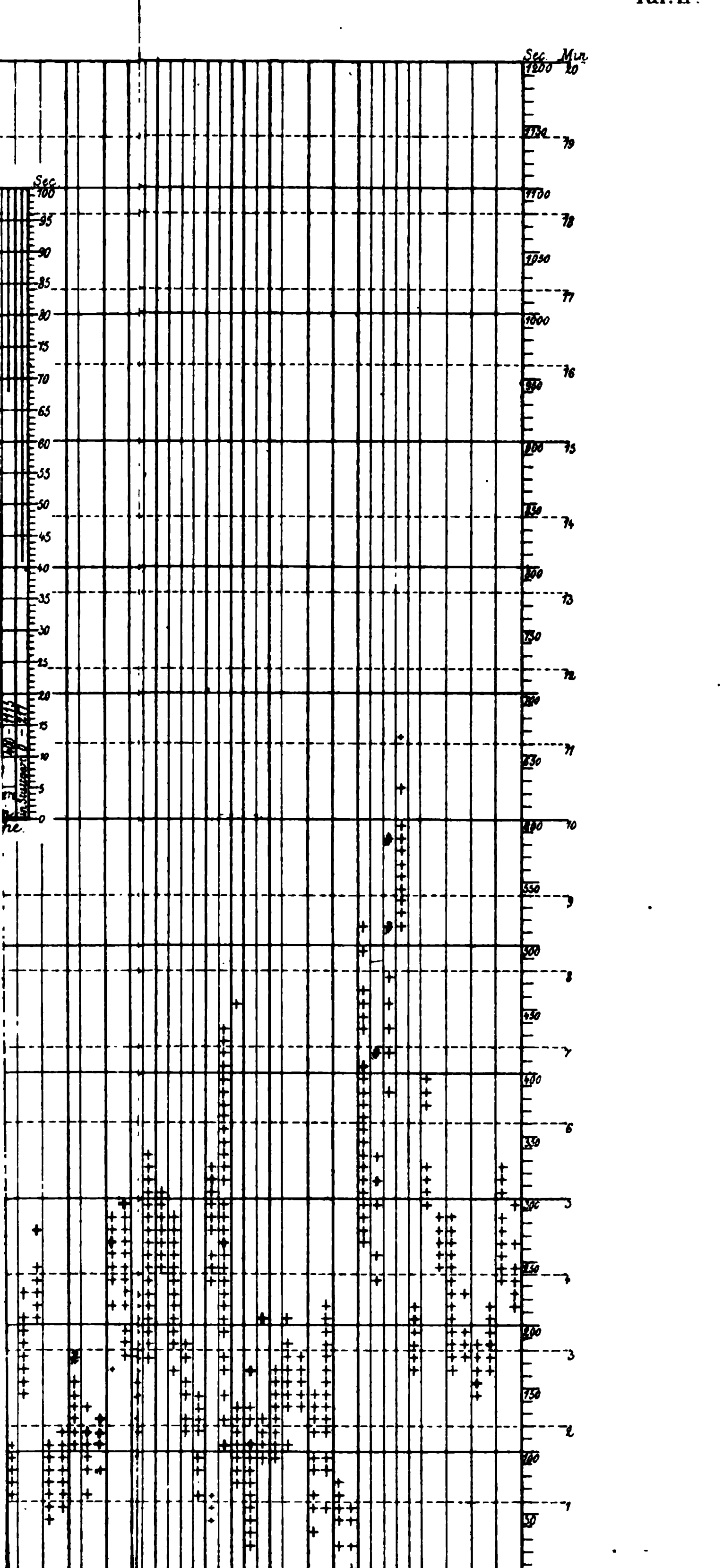
Fig. 3.

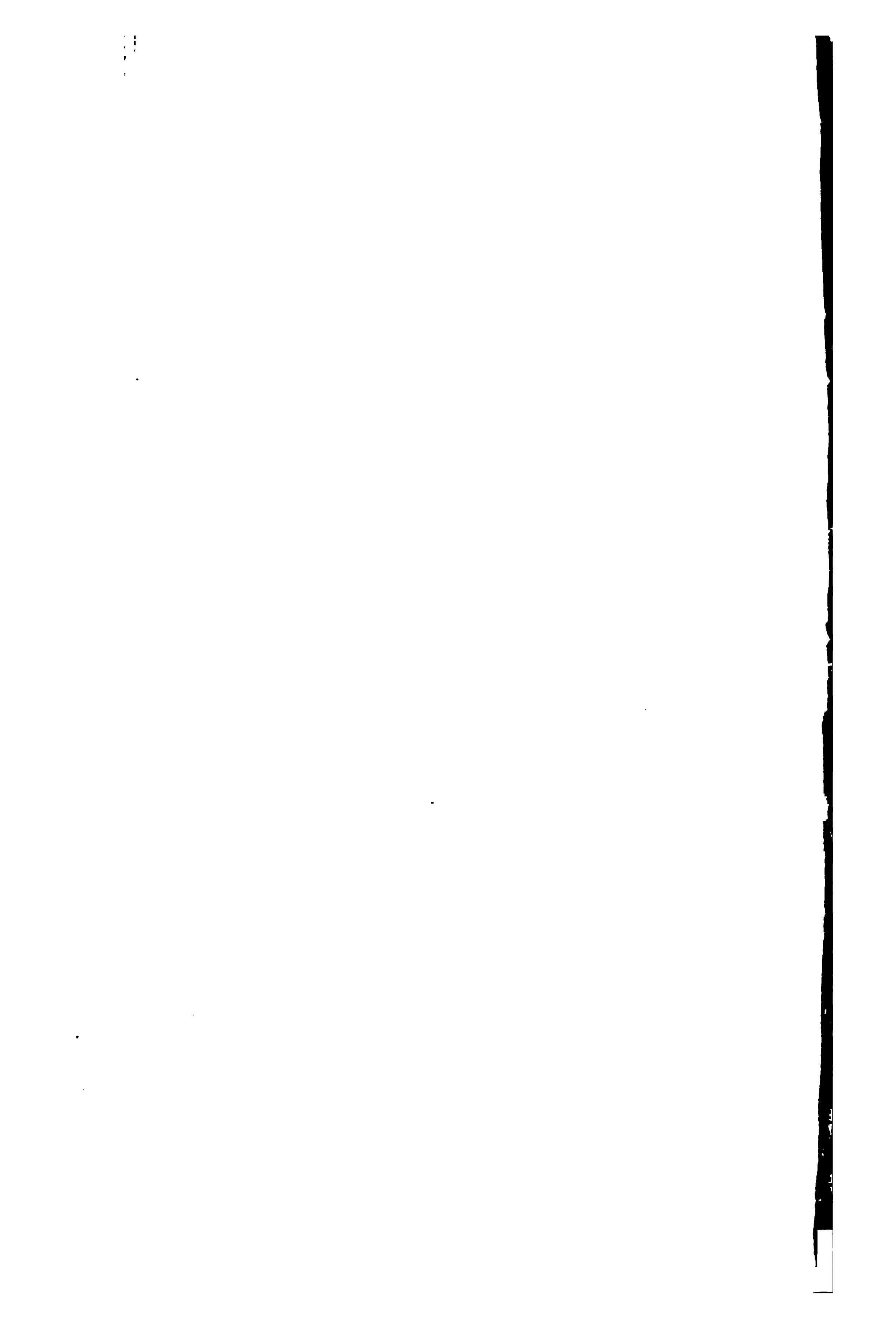


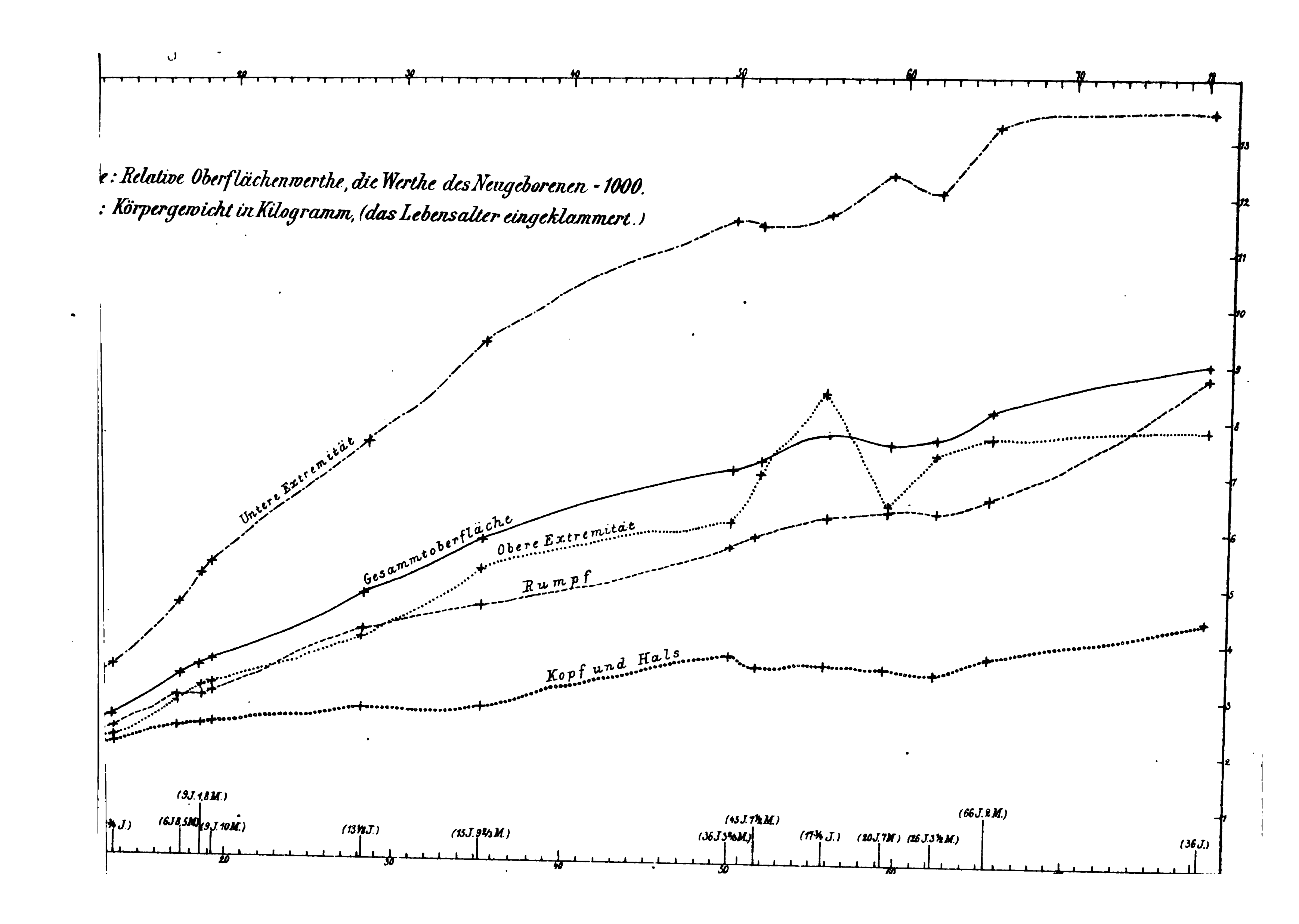


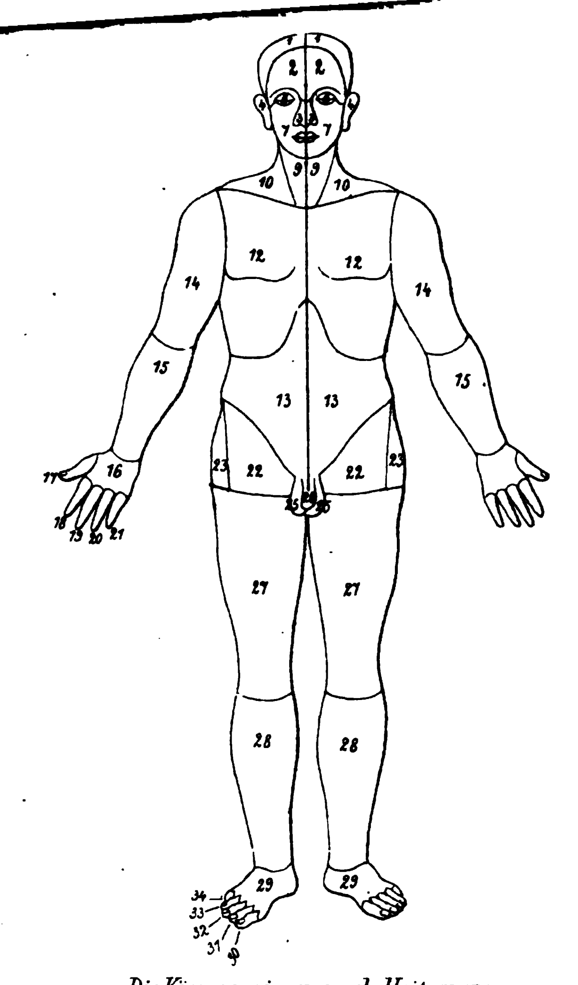
Zeitschrift

Taf. IV.

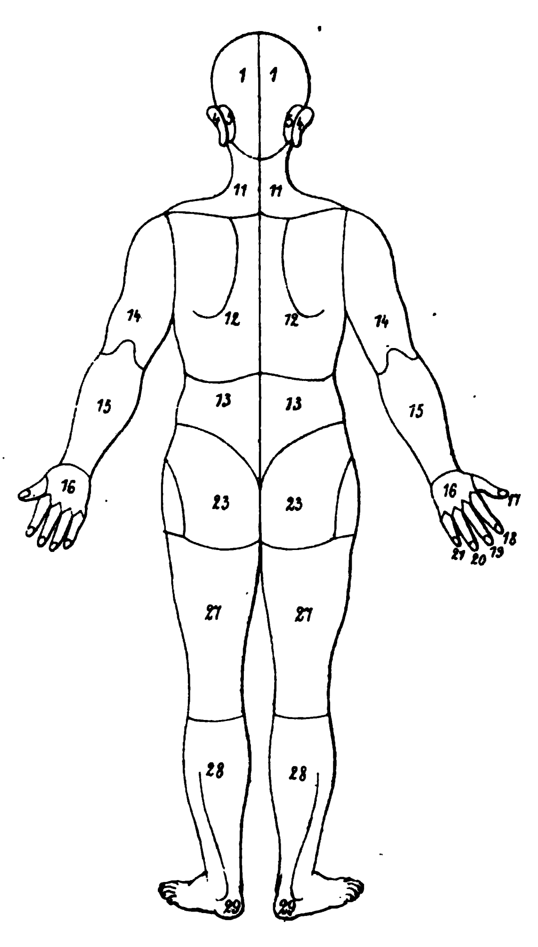





e: Relative Oberflächenwerthe, die Werthe des Neugeborenen - 1000.
: Körpergewicht in Kilogramm, (das Lebensalter eingeklammert.)
Untere Extremität
Gesammtoberfläche
Obere Extremität
Rumpf
Kopf und Hals
(9 J. 1,8 M.)
(6 J. 8,5 M.)
(9 J. 10 M.)
(13½ J.)
(15 J. 9⅔ M.)
(43 J. 1½ M.)
(36 J. 3⅔ M.)
(17¾ J.)
(20 J. 7 M.)
(26 J. 3¾ M.)
(66 J. 2 M.)
(36 J.)



Die Körperregionen nach Heitzmann.



Die Körperregionen nach Heitzmann.

Lith. Anst. v. C. Wolf & Sohn München

